This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS

15

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DE FRANCE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE L. MARTINET,
IMPRIMEUR DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, RUE MIGNON, 2.

Bulletin

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE.

Tome Quinzième. Deuxième série.

1857 A 1858.

PARIS,
AU LIEU DES SÉANCES DE LA SOCIÉTÉ
RUE DU VIEUX-COLOMBIER, 24.

1858

LIBRARY
UNIVERSITY OF CALIFORNIA
DAVIS

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE.

Séance du 2 novembre 1857.

PRÉSIDENCE DE M. DAMOUR.

Le Président proclame membres de la Société :

MM.

Arnaud, substitut du procureur impérial à Cognac (Charente) ; présenté par MM. Coquand et Gaudry.

De Tilly, propriétaire à Malberchie, près la Vallette (Charente) ; présenté par MM. Coquand et de Nanclas.

Boreau, procureur impérial à Cognac (Charente) ; présenté par MM. Coquand et Michelin.

Ces trois membres ont été présentés dans la séance du 11 septembre 1857 de la Réunion extraordinaire à Angoulême.

Le Président annonce ensuite cinq présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants*, juillet, août, septembre 1857.

De la part de M. le directeur du Dépôt de la guerre, 20e livraison de la *Carte de France* au $\frac{1}{80000}$, 9 f. gr. monde.

De la part de M. G. Cotteau, *Sur quelques oursins du département de la Sarthe* (extr. *du Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XIII, p. 646), in-8, 6 p.

De la part de M. G.-P. Deshayes, *Description des animaux sans vertèbres du bassin de Paris*, 7e et 8e livraisons, p. 241-312, pl. 31-40 ; 9e et 10e livraisons, p. 313-392, pl. 11 *bis* et 41-49, in-4.

De la part de M. J. Fournet :

1° *Détails au sujet de la formation des oolithes calcaires*

(présenté à l'Académie de Lyon dans la séance du 20 décembre 1853), in-8, 93 p.

2° *Des oscillations périodiques de la température et de leur influence sur la pronostication* (extr. des *Annales de la Société impériale d'agriculture, etc., de Lyon*, 1857), in-8, 8 p.

De la part de M. de Grünewaldt, *Notizen über die Versteinerungführenden Gebirs-formationen des Ural* (aus dem *Mémoires des savants étrangers*, t. VIII, *Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*), in-4, 46 p. Saint-Pétersbourg, 1857.

De la part de M. le comte Albert de la Marmora :

1° *Voyage en Sardaigne*, 3e partie, *Description géologique*, 2 vol. in-8, 1 atlas in-folio oblong. Turin, 1857.

2° *Catalogue raisonné et systématique des échantillons dont se composent les trois collections géologiques des roches de l'île de Sardaigne*, etc. (extr. du t. II du *Voyage en Sardaigne*), in-8, 55 p. Turin, 1857.

De la part de Mgr Landriot, évêque de la Rochelle, *Discours sur l'enseignement des lettres et des sciences*, etc., prononcé à la distribution des prix du Lycée de la Rochelle le 10 août 1857, in-8, 24 p. La Rochelle, chez J. Deslandes.

De la part de M. H. Lecoq, *Études sur la géographie botanique de l'Europe*, etc., t. VII. Paris, 1857; chez J.-B. Baillière.

De la part de M. Ch. Lory, *Mémoire sur les terrains crétacés du Jura* (extr. des *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs*), in-8, 56 p., 1 pl., 6 mai 1857. Besançon, chez Dodivers et comp.

De la part de M. Jules Marcou :

1° *École polytechnique fédérale. Cours de paléontologie. Leçon d'ouverture*. Zurich, 30 avril 1856, in-8, 16 p.; Zurich, 1856, chez Zurcher et Furrer.

2° *Lettres* (*à M. le docteur A. Oppel*) *sur les roches du Jura et leur distribution géographique dans les deux hémisphères*, 1re livraison comprenant les monts Jura et l'Angleterre, in-8, 144 p., 1 pl. Paris, 1857, chez Fr. Klincksieck.

De la part de M. de Sénarmont, *Institut impérial de France. — Académie des sciences. — Funérailles de M. Dufrénoy*,

22 *mars* 1857. — *Discours de M. de Sénarmont*, etc., in-4, 32 p.

De la part de MM. de Verneuil et Collomb, *Extrait d'un mémoire géologique sur l'Espagne* (extr. des *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XLIV, séance du 29 juin 1857), in-4, 8 p.

De la part de M. G. Dewalque, *Description du lias de la province de Luxembourg*, in-8, 64 p., 1 tableau. Liége, 1857, chez H. Dessain.

De la part de M. E.-L. Guiet, *Première lettre géologique adressée à l'Académie des sciences et aux principales Sociétés savantes de Paris et des départements*, in-8, 8 p. Mamers, 1857, chez Jules Fleury.

De la part de M. Alexis Perrey, *Bibliographie sismique* (extr. des *Mémoires de l'Académie de Dijon*), in-8, 188 p.

De la part de M. F.-O. Ward, *Discours prononcé à la séance d'ouverture du Congrès international de bienfaisance*. Bruxelles, 15 septembre 1856, in-8, 31 p.

De la part de M. R. Ludwig, *Geologische Specialkarte des Grossherzogthums Hessen. — Section Büdingen*, in-8, 47 p., 1 carte coloriée. Darmstadt, 1857, chez G. Jonghaus.

De la part de M. le docteur Fr. Rolle, *Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Grätz, Köhflach, Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark* (aus dem *Jahrbuche der k. k. geologischen Reichsanstalt*), in-4, 68 p.

De la part de M. le docteur Ph. Wirtgen, *Flora der preussischen Rheinprovinz*, in-18, 563 p., 2 pl. Bonn, 1857.

De la part de M. Franco Mistrali, *Dei combustibili fossili in Italia ed in ispecie di quelli dell' Apennino Parmense Saggio geologico*, in-8, 13 p. Parma, 1857, chez A. Stocchi.

De la part de MM. A. et G.-B. Villa, *Ulteriori osservazioni geognostiche sulla Brianza*, in-8, 8 p. Milan, 1857, chez D. Salvi et comp.

Comptes rendus hebd. des séances de l'Acad. des sciences, 1857, 1er sem., t. XLIV, nos 24 à 26; 2e sem., t. XLV, nos 1 à 17.

Annuaire de la Société météorologique de France, t. IV, 1856, *Bulletin des séances*, f. 9-13 et 14-20.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XIII, nos 78 et 79, juin et juillet 1857.

Annales des mines, 5e série, t. X, 5e et 6e livraisons de 1856.

L'Institut, 1857, nos 1224 à 1243.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée, 10e année, nos 101 à 104, mai à août 1857.

Société impériale et centrale d'agriculture. — Bulletin des séances, 2e série, t. XIII, nos 4 (1856) et 7 (1857). — *Séance publique annuelle tenue le dimanche* 19 *avril* 1857.— *Revue des sociétés savantes*, t. II, 1re livraison, janvier 1857.

Journal d'agriculture de la Côte-d'Or, rédigé par M. Ladrey, 19e année, 3e série, t. I, 1856.

Mémoires de l'Académie impériale des sciences, arts et belles-lettres de Dijon, 2e série, t. V, année 1856.

Mémoires de la Société dunkerquoise pour l'encouragement des lettres, des sciences et des arts, 1856-1857.

Annales de la Société impériale d'agriculture, etc., du département de la Loire, t. I, 2e livraison, avril, mai, juin 1857.

Annales de l'Académie de Mâcon, t. II et III.

Société d'agriculture, etc., du département de la Marne.— Séance du 1er *mai* 1857. — *Rapport de M. Sellier.*

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, n° 140.

Mémoires de l'Académie de Stanislas (*Nancy*).

Mémoires de la Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne, t. II, 3e livraison, janvier, février, mars 1857, avec atlas.

Société imp. d'agriculture, etc., de Valenciennes, VIIIe année, nos 11 et 12 ; IXe année, nos 1 à 3.

Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers, publiés par l'Académie royale des sciences, etc., de Belgique, t. XXVII, 1855-1856 ; t. XXVIII, 1856.

Annuaire de l'Académie royale des sciences, etc., de Belgique, 1856.

Bulletins de l'Académie royale des sciences, etc., de Belgique, t. XXII, 2e partie, 1855 ; t. XXIII, 1re partie, 1856.

Mémoires de la Société royale des sciences de Liége, t. XII.

The quarterly journal of the geological Society of London, nos 49 et 51, février et août 1857.

The Athenæum, 1857, nos 1547 à 1566.

Denkschriften der K. Akademie der Wissenschaften. — Math.-naturwiss. Classe, vol. XIII, 1857, in-4. Wien.

Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften. — Math.-naturwiss. Classe, 1857, feb., mars, april, in-8.

Ars-Berättelse om Botaniska Arbeten och Upptäckter förä r 1851, etc., af Joh. Em. Wikström, in-8, 315 p. Stockholm, 1855.

Kongl. Vetenskaps-Akademiens Handlingar, för är 1853 *et* 1854, in-8.

Ofversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhanlingar, 1855, in-8. Stockholm, 1856.

Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc., von Leonhard und Bronn, 1857, 3e cahier.

Wurttembergische Naturw. Jahreshefte, 1852, 3e cahier, 1re et 2e parties; 1855, 3e cahier; 1857, 2e cahier.

Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussisch. Rheinlande und Westphalens, 13e année, 1856; 4e cahier; 14e année, 1857, 1er cahier.

Sechster Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur. und Heilkunde. Giessen, juin 1857.

Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubundens, 1854-1855, 1855-1856.

Sechster Bericht des geognostisch-montanistischen Vereines für Steiermark. Gratz, 1857.

Corrispondenza scientifica in Roma per l'avanzamento delle scienze, 5e année, no 8, 24 juillet 1857, in-4.

Revista minera, 1857, t. VIII, nos 170 et 178.

Revista de los progresos de las ciencias exactas, fisicas y naturales, t. VII, ne 6, juin 1857.

Bulletin de la classe physico-mathématique de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg, t. XIV et XV.

Mémoires présentés à l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg par divers savants et lus dans ses assemblées t. VII.

Compte rendu annuel adressé à S. E. M. de Brock par le Directeur de l'Observatoire physique central, par M. A.-T. Kupffer, année 1855.

The American Journal of science and arts, by Silliman, vol. XXIV, nos 70 et 71, juillet et septembre 1857.

The Journal of the New-York state agricultural Society, vol. VIII, n° 4. Albany, août 1857.

Journal of the Franklin Institute of the state of Pennsylvania for the promotion of the mechanic arts, avril, mai, juin 1857.

Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië, t. XII, 3e série, livraisons 1 à 6; t. XIII, 3e série, livraisons 5 à 4.

Le Président rappelle la perte douloureuse que la Société a faite, le 30 juin dernier, dans la personne de M. Alcide d'Orbigny, l'un de ses anciens présidents.

M. Albert Gaudry rédigera, pour la Société, une notice sur la vie et les travaux du célèbre auteur de la *Paléontologie française*.

M. le Trésorier présente l'état suivant de la caisse au 31 octobre dernier :

Il y avait en caisse au 31 décembre 1856. .	2,878 fr.	35 c.
La recette, depuis le 1er janvier 1857, a été de	15,551	20
Total. . .	18,429	55
La dépense, depuis le 1er janvier 1857, a été de.	16,273	»
Il restait en caisse au 31 octobre dernier. . .	2,156 fr.	55 c.

M. Lory fait la communication suivante :

Esquisse d'une carte géologique du Dauphiné, par M. Ch. Lory (Pl. I). (p. 96)

En présentant un essai de carte géologique des trois départements du Dauphiné (Isère, Drôme et Hautes-Alpes), à l'échelle de $\frac{1}{250000}$, je suis loin de considérer ce travail comme achevé, ni même comme établi sur des bases définitives. Les terrains des

Alpes et des régions subalpines, depuis les plus anciens jusqu'aux plus récents, présentent des difficultés trop grandes pour que, d'ici à longtemps peut-être, il soit possible d'en fixer la classification avec quelque certitude. Au point de vue scientifique, et surtout au point de vue de l'utilité pratique, il m'a semblé qu'il fallait se contenter d'adopter des divisions provisoires, faciles à caractériser, indépendantes, autant que possible, de toute opinion arrêtée sur les questions, encore si controversées, auxquelles donne lieu la géologie des Alpes.

C'est d'après ce principe que j'ai cru devoir adopter les divisions représentées par les 26 teintes de cette carte ; elles sont loin d'avoir toutes la même valeur dans la classification générale des terrains ; quelques-unes même, probablement, sont synchroniques entre elles, et ne sont que des modifications ou des facies divers des mêmes étages ; mais elles m'ont paru avoir une importance réelle au point de vue de leur distribution topographique, de leur rôle dans la configuration du relief du sol, de leurs caractères minéralogiques, ou des gisements particuliers de matières exploitables. C'est donc essentiellement une classification pratique des terrains du Dauphiné, avec un certain nombre de divisions locales provisoires, établies pour des formations dont les relations stratigraphiques et les caractères paléontologiques sont encore incertains ; mais les délimitations indiquées sur cette carte pourront, je l'espère, être conservées, quelle que soit la solution future des doutes auxquels ils donnent lieu.

Voici le tableau des divisions adoptées :

1° Terrains cristallisés et terrains métamorphiques anciens, une seule teinte ;

2° Terrain houiller proprement dit (environs de Vienne) ;

3° Terrains secondaires des Alpes centrales, d'âge plus ou moins incertain ; 6 teintes correspondant aux divisions suivantes : Grès à anthracite de l'Isère (houiller?) ; — grès d'Allevard (trias?) ; — lias, schistes argilo-calcaires à Bélemnites ; — lias métamorphique, schistes plus ou moins cristallins des frontières du Piémont ; — grès à anthracite des Hautes-Alpes (intercalé dans le lias?) ; — calcaires compactes du Briançonnais (lias supérieur ?) ;

4° Roches éruptives traversant les terrains précédents, 3 divisions : *euphotides*, *variolites* de la Durance, *serpentines*, généralement associées ensemble ; — *spilites* ou *variolites* du Drac ; — *porphyres verts* du Chardonnet, traversant les grès à anthracite du Briançonnais ;

5° Terrains jurassiques supérieurs au lias; 3 teintes : groupe oolithique inférieur; — étage oxfordien; — étage corallien;

6° Terrains crétacés; 5 teintes : étage néocomien inférieur; — étage néocomien supérieur; — marnes aptiennes; — gault; — craie;

7° Terrains tertiaires; 5 teintes : terrain nummulitique des Hautes-Alpes; — sables bigarrés et argiles plastiques d'eau douce; — mollasse d'eau douce; — mollasse marine, poudingues à cailloux *impressionnés*, avec alternances de marnes d'eau douce et de couches de lignite; — terrain tertiaire supérieur, terrain de transport ancien des plateaux du Bas-Dauphiné;

8° Dépôts quaternaires, alluvions anciennes et dépôts diluviens et erratiques; une seule teinte;

9° Terrains modernes, dépôts de la période actuelle.

Je vais indiquer sommairement les caractères généraux de ces divisions dans la région que comprend cette carte et les subdivisions que l'on peut encore y reconnaître, mais qui ne pourraient être représentées que d'une manière souvent incertaine et sur des cartes locales à une très grande échelle.

Terrains cristallisés.

Je réunis provisoirement sous cette dénomination et sous une teinte commune, dont le tracé correspond d'ailleurs exactement à la teinte *y* de la *Carte géologique de la France*, une grande variété de roches, très différentes certainement d'âge et d'origine aussi bien que de structure. Considérées dans leur ensemble, elles forment en quelque sorte le noyau des Alpes occidentales, et ont servi de base à tous les terrains stratifiés où l'on trouve des fossiles; elles n'apparaissent même, comme l'a si bien établi M. Élie de Beaumont, que par suite des soulèvements, à travers de larges *boutonnières*, ouvertes par la dislocation des couches du lias (1). Les principales espèces de roches qui forment cet ensemble sont :

1° Des *granites* de diverses structures, et particulièrement les variétés désignées sous le nom de *protogine*;

2° Des *gneiss* et des *schistes cristallins*, micacés, amphiboliques, talqueux, chloriteux, etc.;

3° Des roches pétro-siliceuses compactes, alternant avec le gneiss; des roches schisteuses, communément désignées sous le nom de

(1) *Ann. des sc. nat.*, 1re sér., t. XV, p. 353.

schistes talqueux, mais qui n'ont des roches vraiment talqueuses que les caractères extérieurs (1);

4° Des calcaires cristallins, saccharoïdes, en couches plus ou moins épaisses, alternant avec les schistes micacés (Allemont, Valsenestre, Molines-en-Champsaur); ces calcaires saccharoïdes sont inséparables des terrains de cristallisation et complétement distincts des calcaires du lias.

Ces roches forment trois massifs principaux : 1° l'axe occidental, ou *chaîne de Belledonne*, prolongement direct du mont Blanc, comprenant les hautes montagnes du canton d'Allevard, les Sept-Laux, Belledonne, Taillefer, etc., et se terminant à Entraigues; 2° le massif des *Grandes-Rousses*, se rattachant au midi aux montagnes de Valsenestre et du Valjouffrey, se continuant plus loin par le Bas-Valgodemar et Molines jusqu'au pic de Chaillol-le-Vieil; 3° le massif elliptique des grandes montagnes de l'Oisans, ou *massif du Pelvoux*, se soudant au S.-O. avec le précédent.

La première chaîne montre un grand développement de roches schisteuses cristallines. Le versant occidental est surtout formé par des schistes d'aspect talqueux, comme ceux qui sont traversés par les filons de fer spathique d'Allevard, de Theys, de Vaulnaveys, etc. Les gneiss à éléments cristallisés distincts dominent dans le centre de la chaîne; au milieu d'eux se montrent quelques affleurements de granite, par exemple au pic du Grand-Charnier, au S. des Sept-Laux, etc. Au Rivier d'Allemont, à Belledonne, aux Chalanches et jusqu'à la gorge de la Romanche, dominent des gneiss amphiboliques, passant à de vraies diorites schisteuses. Les gneiss ordinaires et les schistes micacés et talqueux reprennent le dessus au delà de la Romanche, dans le massif de Taillefer; et, à l'extrémité sud de la chaîne, près d'Entraigues, on observe des roches schisteuses, à peine cristallines, qui paraissent associées intimement à des roches bréchiformes ou grauwackes grossières, et sont, selon toute apparence, des terrains de transition modifiés.

Le massif des Grandes-Rousses est formé de gneiss dans toutes ses parties accessibles. Le gneiss ordinaire forme aussi les roches qui encaissent la plaine de l'Oisans, en amont du Bourg, la Romanche, en dessus du Pont-Saint-Guillerme, et le Vénéon, en dessous de Venosc. Un filon de protogine perce à travers le gneiss, près de la mine de la Gardette (2); un beau granite particulier, à

(1) J'en ai donné des analyses dans le *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 2e sér., t. I, 1851.

(2) Gueymard, *Stat. minér. de l'Isère*, 1844, p. 156.

mica noir, rempli de petits cristaux de sphène, affleure dans le vallon de Lauvitel. De là au Valjouffrey, et du Valjouffrey à Chaillol-le-Vieil, en franchissant le Valgodemar et le vallon de Molines, la chaîne continue d'être formée de gneiss et de schistes micacés, en alternance avec lesquels on trouve les belles couches de marbre statuaire du Valsenestre et de Molines, rattachées l'une à l'autre par des affleurements intermédiaires.

La gorge de l'Oisans, entre la plaine du Bourg et Mizoën, présente une coupe continue très nette à travers des couches de gneiss à peu près verticales, dirigées presque exactement du nord au sud. Deux bandes de grès à anthracite se montrent intercalées dans ces roches, à l'O. et à l'E. du village du Freney, et se prolongent au N. et au S. dans les montagnes d'Huez et du Mont-de-Lans. L'examen de ces bandes de grès a été l'objet de plusieurs travaux importants (1), et la Société géologique les a visitées en 1840, lors de sa réunion à Grenoble. Parmi les opinions émises au sujet de ces intercalations de grès dans les terrains cristallisés, j'ai toujours adopté l'idée de reploiements complets du terrain, dont les couches se seraient, pour ainsi dire, refermées sur elles-mêmes comme les feuillets d'un livre. Ces reploiements ont dû affecter, du reste, les terrains cristallisés aussi bien que le grès lui-même. Dans une course que j'ai eu l'avantage de faire récemment avec notre confrère M. Triger, nous avons fait ensemble quelques observations qui confirment cette supposition. En approchant de la première bande de grès, on traverse des gneiss ordinaires à feuillets contournés autour de noyaux quartzeux (2); puis on trouve la série suivante : 1° gneiss feldspathique très quartzeux; 2° gneiss passant au micaschiste, à feuillets satinés; 3° schistes micacés blanchâtres ou verdâtres, à feuillets droits et non ondulés; 4° schistes quartzeux, sorte de grauwacke métamorphique; 5° schistes verts, satinés, non micacés, nullement cristallins, avec des veinules transversales de quartz d'un éclat gras; 6° schistes tendres, plus foncés, bientôt noirâtres, très fragiles; 7° grès anthracifère d'un gris foncé, très micacé, immédiatement distinct des précédents, mais concordant avec eux. Ce grès se montre sur une épaisseur d'environ 80 mètres, jusqu'à une petite galerie ouverte sur le bord même de la route,

(1) Voir les analyses de ces travaux, faites par M. Alb. Gaudry, *Bull.*, 2e série, t. XII, p. 597, 603, etc., et p. 572.

(2) Voir les excellentes coupes données par M. Gras, *Ann. des mines*, t. XVI. Elles mettent parfaitement en évidence l'intercalation des grès dans les schistes cristallins et la superposition discordante du lias sur les uns et les autres.

et où l'on trouve des empreintes végétales et un peu d'anthracite. Au delà de cette galerie, les couches de grès se reproduisent en sens inverse sur la même épaisseur ; puis les 6 espèces de roches schisteuses mentionnées ci-dessus se retrouvent successivement, jusqu'à l'entrée du tunnel de l'Infernet, creusé dans le gneiss quartzo-feldspathique n° 1, qui passe à une sorte d'eurite. A l'autre extrémité du tunnel, on rentre dans les gneiss ordinaires. Il est clair que cette identité dans les détails de la coupe de part et d'autre du centre de la bande anthracifère est une preuve très satisfaisante de l'hypothèse du reploiement du terrain sur lui-même. Les couches peu ou point cristallines qui encaissent des deux côtés le grès à anthracite sont évidemment un terrain de sédiment ancien, distinct de la masse des terrains cristallisés, auxquels il est associé stratigraphiquement. M. Triger a été frappé de l'extrême analogie que présente la série de ces couches avec celles du terrain de transition modifié qui sert de base au terrain houiller de la Basse-Loire et de la Mayenne.

Entre la galerie de l'Infernet et le Freney, on traverse une grande épaisseur de gneiss ; puis on retrouve, au delà du Freney, la même série de roches métamorphiques, préludant à la deuxième bande de grès, et, au delà de celle-ci, la répétition en sens inverse de la même série, jusqu'au gneiss, dans lequel est ouverte la galerie du Chambon.

Nous croyons pouvoir conclure de là : 1° que les gneiss de l'Oisans passent à des roches schisteuses, peu ou point cristallines, évidemment métamorphiques, qui nous paraissent représenter une partie de la série paléozoïque ou des terrains de transition ; 2° que les grès à anthracite du Mont-de-Lans et du Freney, intercalés en apparence dans ce terrain, en sont réellement distincts, et que l'intercalation apparente résulte de reploiements des terrains sur eux-mêmes ; 3° que cette intercalation apparente prouve d'ailleurs la concordance du grès à anthracite avec les terrains anciens, tandis que les calcaires argileux du lias, qui s'étendent indifféremment sur les uns et les autres, appartiennent à un terrain distinct.

Le massif du Pelvoux, formant un vaste cirque autour du hameau de la Bérarde, présente le plus beau développement de protogines massives que l'on puisse étudier dans les Alpes. Ces montagnes sont universellement connues par la description qu'en a donnée M. Élie de Beaumont (1), et il n'a été ajouté depuis au-

(1) *Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans*, 1829, *Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Paris*, t. V.

cun fait essentiel à leur histoire. Les protogines semblent être sorties des profondeurs de l'écorce terrestre à un état de mollesse pâteuse qui leur a permis de déborder, pour ainsi dire, à travers les ruptures du gneiss, et de se montrer en contact immédiat avec les calcaires schisteux du lias, sur la plus grande partie du contour oriental de ce massif, depuis la Grave jusqu'à Champoléon; sur cette ligne de contact, les roches granitiques sont même le plus souvent renversées sur les calcaires jurassiques.

En dehors de ces grands massifs de roches cristallines, il y a des affleurements restreints, aux environs de la Mure, à Aspres-lès-Corps, au col de Fréjus, près Briançon, à Dormilouze, Queyras, Remollon, dans les Hautes-Alpes. D'autre part, les roches granitiques du plateau central s'étendent un peu sur la rive gauche du Rhône, aux environs de Saint-Vallier et de Vienne; et, sur le prolongement de la direction de ces dernières se trouve encore le monticule de gneiss de Chamagnieu, près la Verpilière.

Terrain houiller.

Le terrain houiller, prolongement de celui de Rive-de-Gier, accompagne les roches de gneiss aux environs de Vienne, et affleure par petits lambeaux à Ternay et à Communay, à Vienne même et à Chonas, au S. de cette ville. Il y a même un petit lambeau de grès houiller sur le monticule de Chamagnieu; et l'on peut espérer que des sondages feront retrouver ce terrain à une certaine profondeur sous les alluvions qui masquent la continuité entre Communay et Chamagnieu. Jusqu'ici, toutefois, les sondages tentés dans ce but n'ont pas donné de résultats satisfaisants (1).

Grès à anthracite de l'Isère.

Les grès à anthracite qui renferment les belles exploitations du canton de la Mure, ceux de l'Oisans, dont nous avons parlé plus haut, ont été décrits et étudiés avec la plus grande attention par MM. Gueymard, Gras, Fournet, Studer (2) et plusieurs autres géologues. En 1840, ils ont été l'objet principal des observations

(1) Voir Fournet, *De l'extension des terrains houillers*, Lyon, 1854.

(2) Gueymard, *Statist. de l'Isère*, 1844. — Gras, *Ann. des mines*, t. XVI, 1839, 5e sér., t. V, 1854. — Fournet, *Recherches sur la partie des Alpes comprise entre le Valais et l'Oisans*. — Studer, *Geologie der Schweiz*.

de la Société géologique, lors de sa réunion à Grenoble. Récemment, une description précise et détaillée des gîtes d'anthracite du bassin de la Mure a été donnée par M. Roger, avec une carte géologique et des coupes des diverses exploitations (1); et quoique le savant ingénieur ait laissé de côté la question du classement géologique de ces grès, son mémoire renferme des données extrêmement précieuses pour cet objet. Ce qui ressort incontestablement pour moi de toutes ces études et des observations que j'ai faites dans ces localités, c'est que les grès à anthracite de la Mure et de l'Oisans ont tous les caractères d'un vrai terrain houiller; qu'ils sont indépendants des terrains de cristallisation sur lesquels ils reposent et du lias qui recouvre indifféremment les uns et les autres. Aux environs de la Mure, au Peychagnard, à Laffrey, c'est le *lias moyen* qui repose en stratification discordante sur les grès à anthracite; mais au Mont-de-Lans, où l'indépendance des deux terrains ne semble pas moins certaine, on peut présumer que c'est le lias inférieur lui-même.

Les grès à anthracite du Valbonnais, d'Entraigues, du Valjouffrey, d'Aspres-lès-Corps, sont de petits lambeaux très bouleversés, constamment intercalés aussi entre les terrains cristallisés et le lias, sans liaison géologique avec l'un ni avec l'autre. Comme ceux de l'Oisans, ils m'ont paru sur plusieurs points, à Entraigues surtout, pincés dans des replis des couches cristallines et bouleversés avec elles antérieurement au dépôt du lias, qui repose indifféremment sur les tranches des unes et des autres.

Les grès de Laval, Sainte-Agnès, etc., sur le revers occidental de la chaîne de Belledonne, présentent les mêmes caractères que ceux de la Mure; dans les exploitations, encore peu développées, dont ils sont le siége, on croit retrouver les quatre couches des mines de La Motte et du Peychagnard. Ces grès reposent sur les schistes talqueux et sont recouverts par le lias, sans alternances avec ceux-là ni avec ce dernier. D'autres lambeaux de grès semblables sont disséminés sur les sommités de la chaîne cristalline, à Belledonne même, tout près du pic, au Clot-Chevalier, au-dessus des Chalanches, etc., sans être accompagnés du moindre indice de lias.

En résumé, les grès à anthracite de tout le département de l'Isère, en y joignant même ceux d'Aspres-lès-Corps, présentent tous les caractères et toutes les allures d'un terrain distinct des terrains

(1) *Ann. des mines*, 5e sér., t. VII.

cristallisés anciens sur lesquels ils reposent et du lias qui les recouvre. Tout en les distinguant provisoirement du terrain houiller incontestable mentionné ci-dessus, je suis bien porté à croire qu'ils devront un jour y être réunis.

Grès d'Allevard.

Des grès d'un aspect particulier s'observent à Allevard, au lieu dit le *Bout-du-Monde*, où ils sont exploités comme réfractaires pour faire la chemise des hauts-fourneaux. Ces grès, les uns à gros grains, les autres à grains fins ou même schisteux, présentent des couleurs variées qui leur donnent une grande analogie d'aspect avec les grès du trias. Ils sont intercalés entre les schistes talqueux et les calcaires du lias, et paraissent indépendants des uns et des autres.

Ces grès se retrouvent avec un développement bien plus grand au S. d'Allevard, sur les sommets de la chaîne qui sépare Theys de la Ferrière; ils y sont en discordance complète avec les schistes cristallins. Au col de Merdaret, ils sont associés à des *cargneules*, où calcaires magnésiens celluleux. En descendant vers la Ferrière, le long de la gorge de Vaugelaz, on rencontre encore, associées à ces grès, des argiles schisteuses noires, non effervescentes, avec de petites veines de mauvaise houille; je n'ai pu y rencontrer la moindre empreinte végétale. Cet ensemble de couches n'a aucune analogie avec les grès à anthracite; il s'enfonce à l'E. sous des marnes noires, contenant une grande masse de gypse, intercalée dans leur partie supérieure. Ces marnes forment le flanc droit de la gorge de Vaugelaz; elles appartiennent probablement au lias, que l'on retrouve, avec du gypse, au-dessus de la Ferrière, de même que dans la gorge d'Allevard.

A l'est d'Allevard, cette formation de grès dont nous parlons est encore plus développée. Elle constitue une sorte de coin, serré dans un repli des terrains cristallins, entre les Anvers et le lac du Collet. En suivant l'arête culminante entre le vallon du Collet et la courbe de Veyton, depuis le chalet des Mollies jusqu'au sud du lac, on peut étudier la coupe très compliquée de ce terrain, dont les grès de la gorge d'Allevard ne donnent qu'une idée fort incomplète. Il se compose de grès de structures très diverses : les uns purement quartzeux, à grains fins ou moyens; d'autres à fragments volumineux de gneiss et de schistes talqueux, fortement tassés et unis par un ciment siliceux (*grauwackes* de MM. Gueymard et

Sc. Gras (1); d'autres à grains fins, schisteux, jaunâtres ou violacés. Ces grès alternent avec des argiles feuilletées, onctueuses, ressemblant parfois à des schistes talqueux, et avec des argiles schisteuses, noires, tendres, non effervescentes; enfin, près du lac du Collet, et d'autre part en descendant sur les Anvers, des couches de cargneule sont manifestement intercalées dans ce terrain. Il est impossible de se refuser à reconnaître, dans cet ensemble, des caractères particuliers, et nous ne saurions considérer cette formation comme l'équivalent des grès à anthracite. Sur la *Carte géologique de la France*, ce terrain est indiqué comme jurassique, et nous serions bien plus porté à admettre cette classification. Toutefois on ne saurait méconnaître la différence qui existe entre cet ensemble de couches et le lias des mêmes localités, l'indépendance qui paraît exister entre ces deux terrains dans leur distribution topographique et les allures de leurs couches, qui ne sont pas concordantes, la superposition indifférente du lias, dans le canton d'Allevard, sur ces grès ou sur les terrains cristallisés. On ne saurait manquer d'être frappé de la grande analogie d'aspect qui existe entre les roches de ce terrain problématique et celles du terrain de trias, dans l'E. et le S. de la France; et, avec M. Fournet, on peut bien être tenté de le rapporter à ce terme de la série géologique. Quoi qu'il en soit, il résulte évidemment de cet examen rapide, que les grès d'Allevard doivent être provisoirement distingués des grès à anthracite et aussi du lias; et, en raison de leurs caractères spéciaux, nous leur avons consacré sur notre carte une teinte particulière.

Les grès grossiers, dits *grauwackes*, que l'on rencontre en blocs épars, et, sur quelques points, en place, dans les gorges de Saint-Hugon et de Veyton, nous paraissent, comme ceux de la crête du Collet, appartenir à ce terrain; il en serait probablement de même de ceux qu'on trouve au nord de Pinsot, sur la pente du Crêt de Montmayen. Les bois et la grande quantité de débris qui couvrent ces montagnes empêchent de voir sur d'autres points la coupe très nette que nous avons suivie sur la crête du Collet; mais je crois qu'elle subsiste de la même manière depuis Pinsot jusqu'à Saint-Hugon. Dans tout cet intervalle, le terrain des grès d'Allevard formerait une sorte de coin, intercalé dans les schistes cristallins, comme le grès à anthracite de l'Oisans, dont nous avons parlé plus haut.

---

(1) *Ann. des mines*, t. XVI, 1839. — *Statist. du dép. de l'Isère*, 1844, p. 222, etc.

Lias alpin.

Tout le monde connaît l'immense développement que présente dans les Alpes l'ensemble des couches dans lesquelles on trouve des Bélemnites et des Ammonites caractéristiques du lias. Dans l'état actuel de nos connaissances, il serait difficile de faire dans ce vaste système de couches des divisions un peu précises, car les caractères minéralogiques sont les mêmes dans toute son épaisseur, et les fossiles reconnaissables sont trop rares pour servir à y déterminer nettement des horizons géognostiques.

Les fossiles du lias n'ont encore été signalés d'une manière positive que sur un point, au mont Rachat, au-dessus du Mont-de-Lans, par M. Sc. Gras (1); on y trouve les *Ammonites bisulcatus*, Brug.; *A. stellaris*, Sow.; *A. Kridion*, Hehl; *A. rotiformis*, d'Orb.; *A. Scipionianus*, id.; et le *Belemnites paxillosus*, Voltz. Ces fossiles appartiennent aux schistes argilo-calcaires ardoisiers, qui représentent le lias dans l'Oisans, et le point où on les trouve est peu éloigné du contact des terrains cristallisés, sur lesquels le lias paraît reposer régulièrement.

On peut donc admettre qu'une partie des schistes ardoisiers de l'Oisans appartient au lias inférieur. Sur d'autres points du même canton, à la Gardette, à la Paute, au col d'Ornon, on trouve beaucoup de Bélemnites qui paraissent, en général, se rapporter au *Belemnites paxillosus*, Voltz, et d'autres au *B. elongatus*, Mill., et quelques Ammonites très mal conservées, qui semblent se rapprocher des types les plus fréquents dans le lias moyen. Des Ammonites déformées, devenues elliptiques, se rencontrent dans les calcaires de la gorge d'Allevard ; je n'en connais point d'exemplaires bien déterminables. Toutefois elles paraissent se rapprocher beaucoup, soit de types du lias inférieur, tels que l'*A. Kridion*, Hehl, soit d'espèces du lias moyen, par exemple l'*A. Valdani*, d'Orb. Des Bélemnites de formes grêles et allongées se rencontrent fréquemment à Uriage, Vizille, Champ, etc. Ainsi, l'ensemble des schistes argilo-calcaires des Alpes centrales, que M. Gras rapporte à son *terrain anthracifère inférieur*, me paraît, d'après ses fossiles, correspondre au lias inférieur et au lias moyen, et même les Bélemnites, qu'on y trouve le plus fréquemment, sembleraient indiquer le lias supérieur.

La distinction des divers étages du lias est plus nette dans les

(1) Voir *Mém. sur le terrain anthracifère.* — *Ann. des Mines*, 1854, p. 52; et *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. XII, p. 267.

cantons de la Mure et de Corps, et M. Gras y a indiqué la séparation entre ce qu'il appelle le *terrain anthracifère inférieur* et le *terrain jurassique normal*. Celui-ci aurait pour base l'assise bien caractérisée des calcaires gris sublamellaires qu'on exploite à Laffrey et au Peychagnard, et qui se retrouvent sur divers points, dans la direction de Corps. Ces calcaires renferment des fossiles bien conservés, tous du lias moyen : *Spiriferina Hartmanni*, d'Orb., *Terebratula numismalis*, Lam., *Rhynchonella variabilis*, Schl., *Gryphæa cymbium*, Lam., *Lima punctata*, Desh., *Belemnites paxillosus*, Voltz, *Ammonites margaritatus*, d'Orb. (?). Le calcaire de Laffrey constitue donc un horizon géognostique très net qui représente bien évidemment le lias moyen.

A Laffrey, ce calcaire s'étend indifféremment, à de petites distances, sur des formations très diverses, sur les terrains cristallisés, sur les grès à anthracite, et même sur des schistes argilo-calcaires et des dolomies qui appartiennent probablement au lias inférieur. Il semble s'être formé là, sur un haut-fond composé de terrains bouleversés et dénudés avant son dépôt ; au Peychagnard, à Nantison, à Simane, près la Mure, il repose de même directement sur les tranches des couches redressées des grès à anthracite. Mais, quand on essaye de suivre ce calcaire à l'E. de la vallée de la Mure et jusqu'à Corps, on trouve qu'il n'y a plus de séparation tranchée entre lui et les couches sous-jacentes, qui passent insensiblement à l'état de schistes très fissiles exploités comme ardoises au Valbonnais. A la Salle, on voit le calcaire de Laffrey, avec *Spiriferina Hartmanni*, etc., et au-dessous de lui, en allant vers Saint-Michel, une grande épaisseur de couches alternativement schisteuses ou compactes, où j'ai trouvé l'*Ammonites fimbriatus*, Sow. Ces couches vont former les hauteurs de la Sallette et reposent, du côté du Valbonnais, sur les schistes ardoisiers qui seraient le lias inférieur. A Aspres-lès-Corps, dans des calcaires noirs, fissiles, voisins des grès à anthracite, on a trouvé l'*Ammonites Kridion*, Hehl.

De ces faits on peut conclure que dans les cantons de la Mure, du Valbonnais, de Corps, le lias moyen est représenté *positivement* par les calcaires de Laffrey, et le lias inférieur l'est *probablement* par les schistes argilo-calcaires, souvent ardoisiers, que M. Gras rapporte à son terrain anthracifère. Quant au lias supérieur, son existence est très facile à établir : au-dessus de la zone des calcaires de Laffrey, qui plongent constamment à l'O. ou au S.-O., vient une grande épaisseur de calcaires marneux fissiles, noirs, qui inclinent vers la gorge du Drac. On y trouve, sur divers points, des fossiles bien reconnaissables du lias supérieur : *Ammonites*

heterophyllus, Sow. (Saint-Arey); *A. bifrons*, Brug. (Saint-Arey, les Côtes de Corps); *Belemnites tripartitus*, Schl. (Prunières, Pont de Cognet), etc. Le cours du Drac, dans le département de l'Isère, et même en amont, jusqu'au-dessus de Saint-Bonnet, jusqu'au Pont-du-Fossé, est presque toujours dans ces couches schisteuses du lias supérieur. Il n'y a d'exception que pour les gorges d'Aspres-lès-Corps, où il traverse des terrains très bouleversés, au milieu desquels affleurent les terrains cristallisés et de gros filons de spilite, et, en amont du pont de Cognet, entre ce pont et le confluent de la Bonne, où il y a aussi des bouleversements locaux, des spilites, des gypses et des calcaires altérés, qui me paraissent être du lias moyen ou même du lias inférieur.

Sur la rive gauche du Drac, des calcaires noirs schisteux, avec Bélemnites, se montrent encore partout sur une grande épaisseur; et on passe insensiblement de ces calcaires aux schistes à Posidonies, qui contiennent des Ammonites caractéristiques de la base de l'étage oxfordien. Entre le lias bien caractérisé et cet horizon inférieur de l'étage oxfordien, il n'y a pas d'ensemble de couches bien tranché, que l'on puisse considérer comme représentant spécialement le groupe oolithique inférieur; il semble y avoir eu continuité dans les caractères des dépôts, depuis la dernière partie de la période liasique jusqu'à la période oxfordienne.

Le lias supérieur, représenté par des calcaires argileux, noirs, schisteux, à Bélemnites, s'étend sur une grande partie de l'arrondissement de Gap; il renferme de nombreux amas de gypse. On passe insensiblement de ce terrain aux schistes à Posidonies de la base de l'étage oxfordien. Dans la Drôme, des calcaires argileux noirs, tout semblables, avec gypses, affleurent dans deux vastes cirques, au milieu des couches oxfordiennes, redressées d'une part entre le Buis et Propiac, d'autre part à Condorcet et à Montélieu, à l'est de Nyons.

Pour compléter cette revue du terrain de lias dans les Alpes du Dauphiné, il nous reste à le suivre dans les parties orientales des Hautes-Alpes, dans le Briançonnais et le Queyras; ici se présentent des questions qui comptent parmi les plus difficiles et les plus controversées de la géologie, et il est essentiel que j'expose en quelques mots la manière dont j'ai essayé, non pas de résoudre, mais de *tourner* ces difficultés, dans le tracé de ma carte géologique.

Lias, grès à anthracite et calcaires du Briançonnais.

Les schistes argilo-calcaires compris entre la Grave et le col du

Lautaret ressemblent complètement à ceux du Mont-de-Lans et de tout l'Oisans, et on peut admettre qu'ils correspondent aussi, eux, au lias inférieur, et peut-être au lias moyen. M. Gras a donné une excellente description de la série de ces couches, qu'il rapporte à son terrain anthracifère inférieur (1) : elles reposent au S.-O. sur les gneiss de la Combe de Malaval et de Riftord, et leur ensemble paraît s'enfoncer au N.-E. sous les crêtes des Trois-Évêchés et de l'aiguille de Goléon, formées d'une puissante assise de grès avec indices d'anthracite.

Nous avons admis plus haut que les grès à anthracite de la Mure et de l'Oisans étaient constamment inférieurs au lias et indépendants de lui et qu'ils avaient toutes les allures d'un vrai terrain houiller. Mais je me garderai bien d'étendre cette conclusion aux grès que nous commençons à rencontrer ici ; ils me paraissent bien manifestement superposés au lias du col du Lautaret. M. Gras fait de ces grès la base de son premier étage anthracifère supérieur, et nous admettons parfaitement avec lui leur superposition concordante aux schistes argilo-calcaires.

En continuant à suivre la coupe décrite avec détail dans le mémoire de M. Gras, on voit ces grès s'enfoncer au N.-E. sous une grande masse de calcaire compacte, peu ou point schisteux, qu'il désigne sous le nom de *calcaire de la Mendette*, et qui complète le premier étage de son terrain anthracifère supérieur. Ce calcaire ne ressemble en rien aux schistes ardoisiers du Lautaret ; malheureusement on n'y a trouvé jusqu'ici aucun fossile.

Des chalets de la Mendette au col du Galibier et à la montagne de Terre-Noire, de là au col de la Ponsonnière et à celui du Chardonnet, M. Gras indique deux nouvelles alternances de grès et de calcaires compactes, dont il forme les deuxième et troisième étages de son terrain anthracifère supérieur, et enfin il admet que les grès de la montagne du Chardonnet sont supérieurs encore à tout cet ensemble, et il en forme son quatrième et dernier étage. En continuant à marcher à l'E. du col du Chardonnet à Oulx, en Piémont, on retrouverait, d'après ses coupes, la même série d'étages que nous venons de suivre avec lui, en remontant entre le col du Chardonnet et la Grave.

J'ai examiné avec la plus grande attention les superpositions indiquées par M. Gras, soit dans cette coupe générale, soit dans les autres parties de son mémoire ; j'avoue que j'en ai retiré la

(1) *Mém. sur le terrain anthracifère des Alpes.* — *Ann. des mines*, 1854.

conviction profonde que ces *alternatives* multipliées de grès et de calcaires compactes dans le Briançonnais ne constituent point de véritables *alternances*. J'ai vu très nettement, sur une foule de points, les grès recouverts régulièrement par les calcaires compactes; c'est ce qui a lieu par exemple, sans la moindre obscurité, à Queyrelin, au-dessus de Névache, à Notre-Dame-des-Neiges, à l'Argentière, etc. Je n'ai jamais vu, dans ces mêmes pays, les grès reposer sur les calcaires compactes. Sur les points où M. Gras fait passer les limites de ses divers étages du terrain anthracifère supérieur, j'ai vu les grès à anthracite et les calcaires compactes les uns *à côté* des autres, mais je n'ai jamais pu voir ceux-ci s'enfoncer positivement sous les grès. La stratigraphie de ces montagnes est extrêmement compliquée, et leurs couches ne me semblent pas avoir la régularité d'allures indiquée dans les coupes de M. Gras. Je crois qu'il faut y regarder à plusieurs fois avant d'admettre des superpositions et des alternances qui ne sont pas très claires. Je n'en veux pour preuve que la discordance qui existe entre les observations de M. Gras et celles plus anciennes de M. Élie de Beaumont (1), au sujet du point capital de cette coupe, la montagne du Chardonnet : suivant M. Gras, les grès de cette montagne sont supérieurs à tous les calcaires environnants; suivant M. Élie de Beaumont, au contraire (et je suis complétement de cet avis), ces grès sont inférieurs aux calcaires compactes que M. Gras appelle calcaires de Queyrelin, et alors les grès du Chardonnet seraient identiquement les mêmes que ceux que l'on traverse de Queyrelin à Névache, tandis que, pour M. Gras, ces deux masses de grès constituent deux étages distincts.

Je suis trop convaincu des difficultés que présente la géologie de ces montagnes, pour me flatter d'en donner des coupes qui soient à l'abri de toute objection. Cependant je crois devoir donner ici une coupe correspondant à celle de M. Gras, entre le Villard d'Arène et Névache, uniquement pour montrer comment il me semble qu'on peut se rendre compte de la structure de ces montagnes, sans admettre une série d'étages aussi nombreux que ceux que distingue notre savant confrère (voir pl. I, fig. 1, et comparer avec la coupe de M. Gras, *Bull.*, t. XII, planche 9, figure 1).

Dans cette coupe (2), on voit que nous admettons comme posi-

---

(1) *Ann. des sc. nat.*, t. XV, 1828, p. 373.

(2) Cette coupe se compose de deux parties qui ne sont pas le prolongement l'une de l'autre, mais faites suivant deux plans parallèles

tive la superposition des grès à anthracite G sur les schistes argilo-calcaires à Bélemnites L, qui règnent de la Grave au Lautaret; et nous admettons, au contraire, que les calcaires compactes C sont constamment superposés aux grès à anthracite, et que les alternances *apparentes* entre ces deux ordres de couches résultent de failles ou de renversements.

Cette superposition peut être vérifiée d'une manière très satisfaisante à l'autre extrémité du Briançonnais, à l'Argentière, dans la vallée de la Durance (figure 2; cette coupe correspond à la figure 4 du mémoire de M. Gras, *loc. cit.*). Sur le bord de la Durance, on observe un calcaire schisteux noir L, complétement analogue aux couches du Lautaret, et bien différent des calcaires compactes C, dont nous parlerons tout à l'heure. Ce calcaire schisteux affleure des deux côtés de la Durance, et encaisse profondément cette rivière dans les gorges situées en face de la Bessée et de Queyrières. Ce calcaire plonge à l'O., avec une inclinaison de 10° environ, sous une assise puissante de grès à anthracite, où on exploite du combustible friable, et où l'on trouve beaucoup d'empreintes végétales, surtout des tiges de *Calamites*, de *Lepidodendron*, etc. Dans une galerie d'écoulement, ouverte récemment en dessous de la mine de l'Argentière, on a traversé, sur 170 mètres de longueur, la partie supérieure de cet étage de grès, et on a rencontré trois couches d'anthracite friable; on y a trouvé une très belle tige de *Lepidodendron*, d'un décimètre de diamètre, avec beaucoup d'autres empreintes.

La superposition de ces grès aux calcaires schisteux des bords de la Durance me semble incontestable; on peut la constater très nettement, près de l'ancienne fonderie de l'Argentière. Là se trouve une petite galerie à peu près horizontale (T, fig. 2), dont l'entrée est dans le calcaire schisteux. Au bout de quelques mètres, elle atteint une couche de mauvaise anthracite, reposant immédiatement sur ce calcaire en stratification parallèle, et im-

---

peu distants; sur la figure, la première est supposée projetée sur le plan de la seconde par des lignes parallèles à la direction moyenne des couches redressées ou des failles; ainsi le calcaire du Galibier a pour prolongement direct celui qui est placé au-dessous de lui dans la figure, entre le Lauzet et les granges de l'Alpe; de même le calcaire de Terre-Noire a pour prolongement celui que la figure montre sur la même verticale, entre l'Alpe et le vallon de la Ponsonnière, etc. Les localités du Villard d'Arène, du Lautaret, du Lauzet, de l'Alpe et de Névache ne sont pas exactement sur les directions des deux parties de la coupe; elles sont projetées ici de la même manière.

médiatement au-dessus vient le grès à anthracite très bien caractérisé, nullement calcaire, qui forme la base de tous ceux dont nous venons de parler. La coupe se voit du reste au jour à peu près aussi nettement que dans la galerie même.

En montant de là à la mine de l'Argentière, on traverse la série des grès à anthracite G, dont les couches présentent une inclinaison croissante vers l'ouest. A ces grès charbonneux succèdent des grès bigarrés, grossiers (P), bréchiformes, généralement rougeâtres ou verdâtres, ressemblant au *verrucano* des géologues italiens, puis une grande assise de quartzites blancs (Q), dans lesquels est encaissé le riche filon de galène argentifère de l'Argentière (F). Ces quartzites ont un aspect bien distinct des grès à anthracite; cependant ils sont parfaitement concordants avec eux, et paraissent n'être que l'assise supérieure du même étage. Enfin, à la hauteur de la mine, ces quartzites s'enfoncent régulièrement sous une grande masse de calcaires compactes G, dont les couches sont exactement parallèles à celles des quartzites. Ces calcaires, bien différents de ceux des bords de la Durance, constituent de grands escarpements dont on peut suivre aisément le prolongement le long de la vallée de la Durance; un peu plus à l'ouest, ils s'enfoncent à leur tour sous les grès du terrain nummulitique.

La netteté de cette coupe ne laisse rien à désirer. M. Gras l'a donnée dans son mémoire, mais il suppose que les calcaires compactes de l'escarpement supérieur passent sous les quartzites et les grès, et ils viendraient alors rejoindre les calcaires des bords de la Durance, avec lesquels M. Gras les réunit en un même étage. Je crois que le savant ingénieur a été induit en erreur par un petit accident stratigraphique tout à fait local, que l'on remarque un peu au nord de la mine, mais qui ne me paraît pas de nature à faire mettre en doute la superposition très régulière et parfaitement concordante des calcaires compactes aux quartzites. Cette superposition d'ailleurs peut se vérifier sur une foule d'autres points des environs de Briançon.

On la vérifie, par exemple, en revenant de l'Argentière à Briançon. De la Bassée à Queyrières, on marche sur les calcaires schisteux inférieurs qui continuent jusque dans le village même de Queyrières. La route passe à la limite de ces calcaires et des grès à anthracite sous lesquels ils s'enfoncent. De Queyrières à Saint-Martin, on marche sur les grès à anthracite, où il y a de nombreuses exploitations. Le quartzite se montre couronnant le talus des grès, et il vient, en s'abaissant vers le N., former la roche à laquelle est appuyé le pont de Prelles. De là à Briançon,

en suivant les affleurements des quartzites sur les deux flancs de la vallée, on peut vérifier leur intercalation constante entre les grès à anthracite et les calcaires compactes qui forment les hautes sommités de part et d'autre.

D'après ces faits et tous ceux que j'ai pu observer dans le Briançonnais, il m'a semblé que la série des terrains de ce pays pouvait être réduite aux termes suivants :

1° Étage calcaire inférieur, *schistes argilo-calcaires à Bélemnites* de la Grave et du Lautaret ; calcaires schisteux des bords de la Durance entre Queyrières et l'Argentière. Les premiers appartiennent certainement au lias ; les derniers, à ma connaissance, n'ont pas encore offert de fossiles. Entre le Lautaret et Queyrières, il n'y a pas d'affleurements bien nets de cet étage ; néanmoins, je crois qu'on ne peut guère douter de l'identité du terrain dans ces deux localités.

2° Étage des *grès à anthracite du Briançonnais*, contenant des couches nombreuses d'anthracite friable et des empreintes végétales (presque uniquement de tiges), habituellement caractéristiques du terrain houiller.

3° Grès grossiers, poudingues de teintes variées, quartzites blancs, souvent nuancés de vert pâle ou de rose. Ces roches sont parfaitement concordantes avec les grès à anthracite, et paraissent n'être que la partie supérieure plus ou moins développée du même étage.

4° Étage des *calcaires compactes de Briançon*, grisâtres, massifs, nullement schisteux, souvent fortement magnésiens, comme ils le sont à Briançon même. Aucun fossile déterminable n'a été signalé encore dans ces calcaires ; mais ils sont, selon toute probabilité, le prolongement de ceux du col des Encombres en Savoie, et ceux-ci contiennent, comme on le sait, des espèces du lias moyen et du lias supérieur. La brèche rouge exploitée à Guillestre renferme beaucoup d'Ammonites déformées, non déterminables ; cependant *je crois* y avoir reconnu les *A. bifrons* et *A. Holandrei* du lias supérieur, et une Bélemnite grosse et courte qui peut être le *B. abbreviatus*, Mill. Cette brèche de Guillestre paraît constituer les couches jurassiques les plus élevées de toute cette partie des Hautes-Alpes, et l'ensemble des calcaires compactes du Briançonnais pourrait être regardé comme appartenant au lias supérieur. Je dois rappeler toutefois que M. Élie de Beaumont a regardé ce calcaire de Guillestre comme correspondant au calcaire de la Porte de France de Grenoble (*Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. XV, p. 373). Jusqu'à ce qu'on y ait trouvé des fos-

siles déterminables, la place de ces couches dans la série jurassique me paraît devoir rester bien incertaine.

Les divers étages de grès à anthracite distingués par M. Gras me semblent être des répétitions d'un seul et même groupe de couches, par suite de déploiements et de failles, et, de même, ses divers étages de calcaires compactes qu'il appelle calcaires de la Mendette, du Galibier, de Terre-Noire, etc., me paraissent n'être que des lambeaux d'une même grande masse disloquée.

Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, et sans prétendre résoudre des difficultés que les travaux des plus éminents géologues n'ont fait que mettre en plus grande évidence, j'ai cru que dans le tracé d'une carte de ces pays il fallait exclure toute idée de classification systématique. J'ai adopté trois teintes : une pour les *schistes argilo-calcaires inférieurs*, une pour les *grès à anthracite*, une pour les *calcaires compactes* qui me paraissent leur être constamment supérieurs. Cela constitue pour le Briançonnais un essai de carte *pétrographique* plutôt que *géologique*, et dont les données pourront être conservées, quelle que soit un jour la classification définitive des terrains de ce pays.

Lias métamorphique.

A l'E. de la vallée de la Durance, les grès à anthracite n'affleurent que sur un petit nombre de points : les quartzites qui en sont l'assise supérieure se montrent encore deux fois dans le trajet de Guillestre au fort Queyras, toujours recouverts par la grande masse des calcaires compactes ; mais, un peu plus à l'E., il n'y a plus de grès, et les calcaires compactes reposent directement sur un immense système de schistes métamorphiques, onctueux, d'aspect talqueux, qui forment tout le haut Queyras, le haut de la vallée de Cervières, les environs de Cézanne, d'Oulx, etc. Avec M. Élie de Beaumont, et aussi avec M. Gras, je regarde ces schistes devenus cristallins comme les équivalents des ardoises de la Grave, comme du lias inférieur modifié dans sa structure. Du reste, aucun fossile n'a encore été trouvé dans ce terrain qui s'étend très loin en Piémont, et repose directement à l'E. sur les roches granitiques.

Roches éruptives diverses.

1° *Roches amphiboliques.* — Indépendamment des gneiss amphiboliques et des diorites schisteuses qui paraissent faire partie intégrante du système des roches schisteuses cristallines, il existe

sur beaucoup de points des diorites granitoïdes et des amphibolites lamellaires qui sont en véritables filons, traversant les terrains cristallisés anciens. Ainsi, dans la mine des Chalanches, à Allemont, on a rencontré deux filons de diabase ou amphibolite à grandes lames (1); mais jusqu'ici, quoique l'on trouve beaucoup de blocs erratiques de diorites dans toutes les parties des massifs cristallins, on ne connaît généralement pas les gisements précis de ces roches; par suite il m'a été impossible de les indiquer sur la carte géologique.

2° *Euphotides et serpentines.* — Il existe au S.-E. de Grenoble deux gisements remarquables de ces roches (2). Le premier est au lac Robert, sur la montagne de Chanrousse, au-dessus d'Uriage: c'est une grande masse de roches éruptives enfermées de toutes parts dans le gneiss, présentant une association de *serpentine* compacte, d'*euphotide* à diallage bronzé, de roches massives moins bien définies, sortes d'*aphanites*, passant enfin à de vraies *diorites*, sur la limite N.-O. de la masse. Le tout forme un gros dyke, de contour elliptique, affleurant sur plus de 1 kilomètre carré, au milieu du gneiss. Il faut noter toutefois qu'il se trouve en contact sur son bord S.-O. avec un petit lambeau de calcaire magnésien du lias, reposant sur les tranches du gneiss et formant précisément le sommet de Chanrousse (2253 mètres).

Un autre gisement plus important encore se trouve sur la montagne du Serre, entre les lacs de Laffrey et la Valdens. C'est encore une association de diverses roches éruptives formant une grande masse placée entre les terrains cristallisés et le lias. A l'E., du côté de la Valdens, elle touche au gneiss (Gn, fig. 3), et est composée de *diorite* à grands éléments D; un peu plus haut, en montant aux pâturages du Serre, elle passe insensiblement à l'état d'*euphotide;* son amphibole se change en diallage, et son feldspath devient plus pauvre en silice et de moins en moins lamelleux. Sur le plateau du Serre, cette euphotide (E) passe à l'état de serpentine compacte (S); celle-ci affleure sur une grande étendue, et est en contact immédiat avec le lias (L). La *diorite*, l'*euphotide*, la *serpentine* sont ici évidemment trois parties d'une même masse d'origine ignée, dont la structure et la composition chimique varient dans les différentes parties, et sont probablement influen-

(1) Gueymard, *Stat. minér. de l'Isère*, 1844, p. 389. — Lory, *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. VII, p. 540.

(2) Lory, *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 2e sér., t. II, p. 353.

cées par le contact avec deux terrains différents, entre lesquels la masse plutonique s'est frayé un passage.

Entre le Mont-Genèvre et la vallée de Cervières, il existe de grandes masses d'*euphotides*, passant à la structure globulaire qui donne la *variolite de la Durance*, et aussi à de vraies *serpentines*. Ici ces roches ignées se trouvent en contact avec le lias métamorphique et les calcaires compactes du Briançonnais. De nombreux gisements analogues d'*euphotides* et surtout de *serpentines* se montrent au milieu du lias métamorphique du Queyras, et des parties adjacentes du Piémont et du département des Basses-Alpes. Nous les avons indiquées sur notre carte, d'après la *Carte géologique de la France* et celle des environs de Briançon par M. Sc. Gras (*Ann. des mines*, t. V, 1854).

3° *Porphyres verts du Chardonnet* (Hautes-Alpes). — Ces roches sont intercalées en filons-couches très nombreux et puissants dans les grès à anthracite de la montagne du Chardonnet, où ils sont en relation avec l'anthracite transformée en graphite. Il serait difficile de rien ajouter ou changer à l'excellente description que M. Élie de Beaumont a donnée de ce gisement dans un mémoire que tout le monde connaît (*Ann. des sc. nat.*, t. XV). Des roches semblables sont intercalées dans les grès à anthracite de Prelles et du Puy-Saint-André, au S.-O. de Briançon.

4° *Spilites* ou *variolites du Drac*. — Ces roches sont intercalées dans le lias, et souvent en relation avec les masses de gypse et les dolomies de ce terrain. Leurs gisements sont assez nombreux, et presque tous sont indiqués sur la carte géologique de France par la lettre μ. Quant aux détails, je ne puis mieux faire que de renvoyer aux ouvrages de MM. Gueymard (1), Sc. Gras (2), Rozet (3), et de plusieurs autres géologues qui ont parlé accidentellement de ces roches si remarquables.

Groupe oolithique inférieur.

Nous avons vu plus haut que cette partie des terrains jurassiques ne se distinguait point nettement dans les Alpes du Dauphiné; il peut exister, entre le lias supérieur et l'oxfordien inférieur, des couches qui la représentent, mais sans être caractérisées par une structure particulière ni par des fossiles spéciaux, dans l'état actuel

(1) *Statist. minér. de l'Isère*, 1844.
(2) *Bull.*, 1re sér., t. XI, XII, XIII.
(3) *Bull.*, 2e sér., t. I, p. 657, etc.

de nos connaissances. D'après l'état rudimentaire du groupe oolithique inférieur dans le département de l'Ardèche (1), on peut très bien supposer la suppression complète de ce groupe sur l'autre rive du Rhône. Nous n'avons pu tracer sur la carte qu'une délimitation généralement assez incertaine entre le lias et l'étage oxfordien, sans pouvoir distinguer d'étage intermédiaire.

Au contraire, en dehors des Alpes, dans le nord du département de l'Isère, l'étage oolithique inférieur est très bien caractérisé, et repose immédiatement sur le minerai supra-liasique de la Verpilière. Il forme avec l'étage oxfordien qui lui est superposé le plateau de Crémieu et de Morestel, que l'on pourrait appeler le *seuil* méridional du Jura (2).

Étages oxfordien et corallien.

Je ne donnerai ici aucun détail sur ces étages généralement bien connus aujourd'hui. L'étage oxfordien présente partout les mêmes subdivisions et les mêmes caractères qu'aux environs de Grenoble; vers sa base, l'horizon des *schistes à Posidonies*, et à sa partie supérieure la grande masse des calcaires dits de la *Porte de France*.

L'étage corallien n'existe que sur un petit nombre de points, entre Chambéry et l'Échaillon, près Voreppe, et il manque dans tout le reste des Alpes dauphinoises (3).

Dans le N. du département de l'Isère, l'étage oxfordien constitue le plateau de Morestel. Quelques parties de ce pays encore peu étudié renferment, selon toute apparence, des lambeaux de calcaire corallien, et même, entre Morestel et Passins, on trouve des marnes à *Ostrea virgula* qui indiquent sur ce point l'existence de couches jurassiques plus récentes encore.

---

(1) Thiollière, *Bull.*, 2e sér., t. V, p. 31. — Fournet, *Suite des études*, etc, (*Ann. de la Soc. d'agric. de Lyon*, 1849). — Réunion extraordinaire à Valence, *Bull.*, 2e sér., t. XI. — Lory, *Ibid.*, t. XII, p. 510.

(2) Lory, *Bull.*, 2e sér., t. IX, p. 48, *Soc. de statist. de l'Isère*, 2e sér., t. I.

(3) Voir pour les détails, Albin Gras, *Catal. des foss. de l'Isère*, et mon *Essai sur les montagnes de la Chartreuse*, l'un et l'autre au *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 2e sér., t. II, et *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. IX, p. 31 et 226; t. X, p. 20; t. XI, p. 775.

Terrain néocomien.

Nulle part, le terrain néocomien ne présente un plus beau développement que dans la région qui nous occupe ; nulle part aussi il n'offre plus d'intérêt sous le rapport de ses variations de composition et de structure.

Dans les environs de Grenoble, on peut distinguer, dans les deux étages de ce terrain, la série d'assises suivante :

I. *Étage néocomien inférieur.* — 1° Marnes et calcaires marneux, grisâtres, avec *Belemnites latus*, Bl., *Ammonites semisulcatus*, d'Orb., *A. Tethys*, id., *A. neocomiensis*, id., etc. 2° Calcaires néocomiens inférieurs, dits *du Fontanil*, grenus, sub-oolithiques, bleuâtres ou jaunâtres. Les fossiles dominants sont des mollusques lamellibranches et des oursins ; les plus fréquents sont : *Ostrea Couloni*, d'Orb., *Janira atava*, id., *Pholadomya elongata*, Goldf., *Panopæa neocomiensis*, d'Orb., *Terebratula Carteroniana*, id., *T. hippopus*, Rœm., *Dysaster ovulum*, Ag., *Pygurus rostratus*, id., *P. Montmollini*, id., *Nucleolites Olfersii*, id., *N. neocomiensis*, id. *Holectypus macropygus*, id., etc. Les gastéropodes sont peu abondants ; on peut citer le *Pterocera Moreausiana*, d'Orb., *Natica bulimoides*, id., etc. Enfin les céphalopodes sont assez rares : *Nautilus pseudo-elegans*, d'Orb., *Ammonites Carteroni*, id., *A. cryptoceras*, id. 3° Calcaires roux siliceux, dans lesquels continuent de se montrer quelques-uns des fossiles précédents, spécialement *Janira atava*, *Ostrea Couloni*, et qui sont particulièrement caractérisés par l'*O. macroptera*, Sow. 4° Couche chloritée, calcaire marneux d'un gris clair, rempli de grains verts, et contenant une faune spéciale où les céphalopodes dominent presque exclusivement : *Belemnites pistilliformis*, Bl., *B. dilatatus*, id., *B. polygonalis*, id., *Ammonites Leopoldinus*, d'Orb., *A. cryptoceras*, id., *A. Astierianus*, id., *A. incertus*, id., *A. ligatus*, id., *A. difficilis*, id., *A. castellanensis*, id., *A. Grasianus*, id., *A. radiatus*, Brug., etc., particulièrement développés à Saint-Pierre de Cherenne, près Saint-Marcellin. 5° Calcaires marneux ou un peu siliceux, bleuâtres, compactes, avec *Crioceras Duvalii*, Lév., *Ammonites cryptoceras*, d'Orb., *A. infundibulum*, id., *Nautilus neocomiensis*, id., etc. 6° Marnes grises ou bleuâtres à *Toxaster complanatus*, Ag., *Dysaster ovalum*, id., *D. anasteroides*, Leym. Le *Toxaster complanatus* est exclusivement propre à cette assise supérieure de l'étage néocomien inférieur.

Dans cette série d'assises, les n°s 2, 3 et 6 représentent très

bien, par leurs caractères minéralogiques et par leur faune, les subdivisions principales de l'étage néocomien inférieur dans le Jura. Les nos 1, 4 et 5, avec leur faune composée presque entièrement de céphalopodes, correspondent à un autre type du terrain néocomien, celui des Basses-Alpes. Les environs de Grenoble se trouvent placés à la limite de contact de ces deux faciès si divers du terrain néocomien, et ils montrent pour ainsi dire l'enchevêtrement de leurs diverses assises. En s'éloignant de Grenoble vers la basse Savoie et le Jura, les assises 1, 4 et 5 tendent à s'effacer, tandis que les assises 2, 3 et 6 persistent. Au contraire, en allant vers le midi, de Grenoble à la Croix-Haute, et de là dans les régions limitrophes de la Drôme et des Hautes-Alpes, ces assises 2, 3 et 6 cessent d'être distinctes, tandis que les assises 1, 4 et 5 se développent énormément et présentent une faune de plus en plus riche. L'assise 1 devient celle des marnes néocomiennes inférieures, à petites Ammonites pyriteuses, si riches à Saint-Julien-en-Beauchêne, Châteauneuf-de-Chabre, Châtillon-en-Diois, etc.; les assises 4 et 5 confondues sont représentées par une énorme épaisseur de calcaires d'un gris bleu, compactes, à pâte fine, riches en *Crioceras*, *Ancyloceras*, *Ammonites*, *Terebratula diphyoides*, d'Orb., etc. Toute cette faune de céphalopodes si variés me paraît appartenir à un niveau inférieur à celui du *Toxaster complanatus*. Ce dernier fossile manque généralement dans les parties de la Drôme et des Hautes-Alpes, où se développent les calcaires à *Crioceras*.

II. *Etage néocomien supérieur.* — Dans les environs de Grenoble, cet étage se compose de deux ordres de couches : les calcaires à Caprotines et les marnes à Orbitolines. En général, on y peut distinguer deux masses de calcaires à Caprotines, séparées par une assise très constante de marnes à Orbitolines ; puis, au-dessus des dernières couches de calcaires à Caprotines, on trouve sur quelques points seulement (aux Ravix, près Villard-de-Lans ; au Rimet, commune de Rencurel, au Fat, commune de Saint-Pierre-de-Cherenne) une nouvelle assise de marnes à Orbitolines, dont les fossiles sont très variés, la plupart spéciaux ; on y trouve même deux ou trois espèces qui passent dans les marnes de l'étage suivant ou marnes aptiennes. Dans son *Catalogue des fossiles de l'Isère*, notre regretté confrère Albin Gras a cru pouvoir regarder ces marnes du Rimet comme l'équivalent de l'étage aptien ; mais en réalité elles renferment beaucoup de fossiles du terrain néocomien, se lient intimement avec lui, et diffèrent complète-

ment des marnes aptiennes que nous allons rencontrer dans des régions plus méridionales.

Dans diverses notes que j'ai publiées dans le *Bulletin* depuis 1851, j'ai indiqué les variations de caractères et l'affaiblissement rapide de puissance que l'étage néocomien supérieur subit au S. de Grenoble, dans le massif du Dévoluy et dans les parties orientales de la Drôme. Dans ce dernier département, notre carte montre qu'il est très développé dans les montagnes du Vercors, au N. du bassin de la Drôme, et qu'il s'efface complétement ou devient tout à fait rudimentaire dès que l'on entre dans le bassin de cette rivière, et ensuite dans les parties E. et S. du département. Il reparaît subitement, avec ses caractères ordinaires de calcaire à Caprotines, sur les bords du Rhône, au *Robinet* de Donzère (Viviers, Châteauneuf-du-Rhône, etc.). De là, il se rattache au terrain néocomien de la basse Provence, où il a un développement aussi grand que dans les montagnes de la Chartreuse et du Vercors.

Si l'on embrasse d'un coup d'œil général ces variations du terrain néocomien, depuis le Jura jusqu'à la Provence, on voit que les assises calcaires, dont la faune est spécialement composée de mollusques et de zoophytes fixes, habitants des eaux peu profondes, se sont développées surtout dans les parties nord et ouest du golfe compris entre les Alpes et le plateau central de la France, et limité au N. par la ligne de Gray à Soleure, tandis que les assises du type *vaseux*, dont la faune est presque exclusivement composée de mollusques libres, de céphalopodes, se sont développées surtout dans les parties E. et S. du même golfe, à travers les départements de la Drôme, des Hautes et Basses-Alpes et du Var, depuis Grenoble jusqu'à Grasse. En admettant des différences de profondeur entre les diverses parties du golfe et des courants en rapport avec sa configuration, il serait aisé de donner une théorie assez satisfaisante de ces variations du terrain néocomien.

Marnes aptiennes.

Cet étage manque dans le département de l'Isère, mais il est très développé dans les parties méridionales de la Drôme et les parties occidentales des Hautes-Alpes. Il semble se développer surtout là où l'étage néocomien supérieur tend à s'effacer ou disparaît complétement.

Il se compose de marnes noires ou d'un bleu foncé, très friables, alternant parfois avec des couches de calcaires marneux noirs, et

surtout associées à des grès verdâtres, qui dominent en général dans la partie supérieure. Les fossiles caractéristiques de ce terrain sont partout le *Belemnites semicanaliculatus*, Bl., et plus rarement les *Ammonites Dufrenoyi*, d'Orb., *A. Martinii*, id., *A. fissicostatus*, Phill., etc. Sur beaucoup de points on y trouve des boules géodiques de baryte sulfatée, très caractéristiques de ces marnes. Les poissons fossiles signalés à Beaufort, près Crest, appartiennent à cet étage (*Bull.*, 2e sér., t. XII, p. 178, et t. XIV, p. 51.)

Gault.

La répartition de cet étage est précisément inverse de celle du précédent; il paraît exister constamment dans les montagnes crétacées du département de l'Isère, dans celles du Vercors et du Royans (Drôme); mais il manque dans toutes les autres régions crétacées, où, au contraire, les marnes aptiennes existent. Du reste, même dans les environs du Villard-de-Lans et de Rencurel où est son plus grand développement, et aussi dans les montagnes de la Chartreuse, etc., cet étage est toujours très peu épais et n'affleure en général que sur des étendues trop petites, pour que j'aie pu l'indiquer sur une carte à l'échelle de $\frac{1}{250000}$; ce n'est que sur quelques points particuliers qu'il couvre des surfaces assez grandes pour se prêter à cette indication.

J'ai donné les caractères de cet étage dans mon *Essai sur les montagnes de la Chartreuse*, et dans le *Bull.*, 2e série, t. IX, p. 58. J'ai indiqué qu'il se divisait en deux petites assises: l'inférieure, formée d'un calcaire roux, sableux, lumachellique, sans fossiles déterminables en général; la supérieure, à l'état de grès grossier, contenant des moules de fossiles, souvent roulés, qui sont les espèces caractéristiques du gault proprement dit dans toutes les localités classiques. J'ajouterai seulement un mot : c'est que les moules de fossiles dans cette couche sont toujours essentiellement formés de *phosphate de chaux;* et j'ai reconnu qu'il en était de même pour les moules de fossiles du gault d'Escragnolles (Var), de la Perte du Rhône, etc. Quand on traite un de ces moules de fossiles par l'acide hydrochlorique étendu, il n'y a que peu d'effervescence, et cependant la plus grande partie se dissout; il ne reste qu'un faible résidu de sable plus ou moins argileux, d'oxyde de fer, de grains verts ferrugineux; et la dissolution acide contient beaucoup de phosphate de chaux (1).

(1) *Bull. de la Soc. statist. de l'Isère*, 1857.

Ainsi, dans un moule de *Terebratula Dutempleana*, d'Orb., de Rencurel (Isère), j'ai trouvé : (PhO^5,3CaO), 46 p. 100 ; carbonate de chaux 13, le reste consistant en oxyde de fer et sable un peu argileux.

Très souvent ces moules sont brisés, et tellement usés par le transport que, dans la couche, qui en est pétrie, ils ressemblent à de simples graviers ; mais leur nature chimique particulière les fait reconnaître.

On trouve souvent ces fossiles du gault roulés et empâtés à l'état de graviers, dans les couches inférieures de la craie ; ainsi des graviers de ce genre, empâtés dans la craie inférieure de Sassenage (Isère), m'ont donné 42 p. 100 de phosphate de chaux.

A Clansayes (Drôme), près Saint-Paul-trois-Châteaux, on trouve abondamment les fossiles du gault à l'état de moules très durs qui sont encore de même nature. Un moule d'Ammonite de cette localité m'a donné 59 pour 100 de phosphate de chaux ; un moule d'*Arca carinata*, Sow., 66 pour 100. Je ferai observer que ces fossiles du gault, à Clansayes, se trouvent dans des sables incohérents, où ils sont évidemment roulés et remaniés ; je crois que ces sables doivent être regardés comme faisant partie de la craie chloritée, et que le gault n'existe réellement pas en place dans cette localité, de même que dans tout le midi du département de la Drôme la craie chloritée reposerait directement sur les marnes aptiennes que l'on voit à l'O. de Clansayes, au quartier dit de *la Leuze*.

Groupe de la Craie.

Je désigne collectivement sous ce nom, et je comprends sous une même teinte, sur la carte géologique, tout l'ensemble des couches crétacées supérieures à l'horizon du gault. La série de ces assises n'est pas la même dans les diverses parties du Dauphiné ; elle répond d'une manière plus ou moins incomplète à la série de la craie chloritée, de la craie marneuse et de la craie blanche dans le bassin parisien. Mais il serait difficile d'établir dans cet ensemble des divisions précises et générales ; elles ne se distingueraient d'ailleurs ni par leur distribution topographique ni par leur rôle orographique et ce ne serait que sur des plans à une très grande échelle qu'il serait possible de les représenter.

Je me bornerai à indiquer en peu de mots la série des assises du terrain de craie dans un certain nombre de stations qui peuvent servir de types.

I. *Massif de la Chartreuse.* — Dans cette région, c'est la partie inférieure du terrain de craie qui est le moins développée. La série des couches supérieures au gault se réduit à deux assises : 1° calcaires marneux ou sableux, tantôt crayeux, tantôt durs, souvent à grains verts, en général blanchâtres ou gris, contenant des concrétions pyriteuses à leur base, et quelques silex dans leur partie supérieure : *Inoceramus cuneiformis*, d'Orb., *I. problematicus*, id., *Hamites* (voisin de l'*H. armatus*, Sow); — 2° calcaires blancs, avec silex, tantôt crayeux, tantôt durs, *Belemnitella mucronata*, d'Orb., *Ananchytes ovata*, Lam., *Micraster cordatus*, Ag., *Janira quadricostata*, d'Orb., *Inoceramus Cuvieri*, Sow., *Baculites*, indét.

La puissance de chacune de ces assises est variable, même à de faibles distances ; l'ensemble a au plus 150 mètres; l'inférieure est en général plus épaisse que la supérieure (1).

En approchant de Grenoble, le terrain de craie devient plus puissant et présente un plus grand développement de ses assises inférieures ; les couches supérieures se changent en une grande masse de calcaires durs, remplis de silex, sans fossiles. A Fontaine, près Grenoble, on peut évaluer l'épaisseur des calcaires blancs compactes à silex à 100 mètres au moins, et à plus encore les assises qui viennent au-dessous, jusqu'au gault. Celles-ci sont formées de calcaires sableux, chlorités, et de grès à ciment calcaire, très durs, exploités comme dalles (*lauzes*) ou comme pavés, et de couches de calcaires gris, mêlés d'argile et de sable fin, fournissant aussi de grandes dalles et de la chaux hydraulique. Dans ces dernières, on trouve quelques Inocérames (*I. cuneiformis*, d'Orb.), des Hamites (*H. armatus*, Sow.?), quelques Ammonites mal conservées ; elles reposent sur le gault et en renferment, vers leur base, des nodules remaniés.

II. *Villard-de-Lans.* — Dans cette localité, les parties inférieures du terrain de craie sont bien plus développées. A partir du gault, on a la série suivante (2) :

1° Grès vert de la Fauge, craie chloritée inférieure, à grandes Turrilites ; *Turrilites Bergeri*, Brongn., *T. Puzozianus*, d'Orb., *Hamites armatus*, Sow., *H. elegans*, d'Orb., *Baculites baculoides*, d'Orb., *Ammonites Mantelli*, Sow., *A. inflatus*, id., *A. Mayoria-*

(1) Voir pour plus de détails, *Bull.*, 2e sér., t. VIII, p. 624 ; t. IX, p. 60 et p. 226, et mon *Essai sur les montagnes de la Chartreuse.* — *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 1852.

(2) Voir *Bull.*, 2e sér., t. IX, p. 66.

nus, d'Orb., etc., *Holaster suborbicularis*, Ag., *Micraster distinctus*, id., *Discoidea cylindrica*, id., *Diadema variolare*, id., etc.;

2° Sables et grès peu cohérents, à la base desquels on trouve, à la Fauge : *Ammonites varians*, Sow., *Turrilites costatus*, Lam., *Belemnites*, indét., *Avellana cassis*, d'Orb., etc.;

3° *Lauzes* sableuses à grains verts, ou marno-siliceuses, avec *Inoceramus cuneiformis*, d'Orb.;

4° Calcaires blancs à silex, sans fossiles;

5° Calcaires blancs, siliceux, avec grandes Huîtres (*Ostrea vesicularis*, Lam.?);

6° Calcaire blanc, rempli d'*Orbitoides media*, d'Orb., et contenant l'*Ostrea vesicularis*, Lam.

Dans le Vercors, la coupe est la même, mais moins complète; on y observe un grand développement de sables presque incohérents, correspondant au n° 2 et à une partie du n° 3.

III. *Massif du Dévoluy* (1). — A Lus-la-Croix-Haute et aux environs de Veynes, on trouve, immédiatement au-dessus des marnes aptiennes, une grande épaisseur de couches dures comprenant des grès, des calcaires sableux ou marno-siliceux, souvent chlorités, généralement de teintes claires, puis des calcaires blanchâtres remplis de silex, le tout très pauvre en fossiles. A Lus, comme au Villard-de-Lans, les dernières couches à silex renferment de grandes Huîtres. A Veynes, ces couches supérieures sont sableuses et remplies d'*Ostrea vesicularis*, Lam.

Dans les grandes montagnes du Dévoluy (Obiou, Aurouse, etc.), le terrain de craie se réduit à une énorme épaisseur de calcaires d'un gris foncé, très siliceux, remplis de bandes de silex, sans fossiles. Au sommet de l'Aurouse, cette série se termine par une assise de calcaire plus tendre, légèrement chlorité, dont certaines couches sont remplies de petits bryozoaires, et qui contient beaucoup d'*Ostrea vesicularis*, Lam.

IV. *Dieulefit et autres points du midi de la Drôme.* — Dans une note publiée l'an dernier (2), j'ai signalé les particularités intéressantes du terrain de craie dans ces régions méridionales du Dauphiné. Je l'ai de nouveau étudié cette année, et je peux en donner la coupe avec certitude. Il repose constamment sur les marnes aptiennes; entre Vesc et Dieulefit, à partir de ces marnes, on trouve la série suivante :

1° Craie inférieure, marneuse, grise, assez tendre, avec nom-

(1) Voir *Bull.*, 2e sér., t. X, p. 20, et t. XIV, p. 53.
(2) *Bull.*, 2e sér., t. XIV, p. 47.

breux fossiles : *Turrilites costatus*, Lam., *Ammonites varians*, Sow., *A. rothomagensis*, Lam., *A. Mantelli*, Sow., *Hamites*, indét., *Inoceramus* (plusieurs espèces), *Holaster subglobosus*, Ag., *H. suborbicularis*, id., ce dernier de très grande taille, atteignant un décimètre de diamètre;

2° Grès verts, peu cohérents, devenant rougeâtres par altération;

3° Calcaires siliceux, marneux ou sableux, durs, analogues aux *lauzes* de Grenoble; quelques Inocérames;

4° Calcaires crayeux, blanchâtres, plus ou moins sableux, avec rognons de silex blonds ou noirs; exploités comme pierre de taille à Montjoux, sur la montagne de Dieu-Grâce, etc. Cette assise contient des fossiles très remarquables, abondants surtout dans les couches inférieures : *Ananchytes gibba*, Lam., *Micraster brevis*, Ag., *Galerites vulgaris*, Lam., *Terebratula carnea*, Sow., *Rhynchonella Cuvieri*, d'Orb.?, *Spondylus spinosus*, Desh., *Inoceramus*, indét.;

5° Sables peu cohérents, grès verdâtres ou jaunâtres sans fossiles; traces d'empreintes végétales (fucoïdes?) : *Ostrea columba*, Defr.?

6° Grès à ciment calcaire, d'un vert d'herbe, devenant jaunâtre par altération; il ressemble complétement à la roche d'Uchaux (Vaucluse), et contient les mêmes fossiles. Les plus abondants sont : *Acteonella lævis*, d'Orb., *Arca Matheroniana*, id., *Arcopagia numismalis*, id., *Trigonia scabra*, Lam., *Janira quadricostata*, d'Orb., *Pal. fr.*, *Ostrea columba*, var. jeune, à crochet strié, *Trochosmilia compressa*, Edw. et Haime, *Ananchytes gibba*, Lam., et un fossile spécial à cette localité, le *Ceratites Robini*, Thioll. sp.

Le terrain tertiaire lacustre (miocène inférieur), dont nous parlerons tout à l'heure, repose immédiatement sur cette dernière assise, qui est la plus élevée de la série crétacée dans ces pays.

Dans la note que j'ai rappelée ci-dessus, j'ai donné quelques détails sur le terrain de craie des environs de Nyons, de Clansayes et autres points du midi de la Drôme, où l'on trouve à peu près la même série, mais moins complète qu'à Dieulefit. Il est clair, d'après cela, que dans tout le pays situé au S. de la rivière de la Drôme il n'y a rien qui représente la craie blanche à *Belemnitella mucronata*. Le grès vert de Dieulefit et d'Uchaux, caractérisé par une faune nombreuse et bien connue, est jusqu'ici l'assise la plus élevée que nous connaissions dans ces contrées; il est incontestablement supérieur au niveau de l'*Ananchytes gibba*, du *Micraster brevis*, du *Galerites vulgaris*, etc., bien que ces fossiles

soient, à Dieulefit et à Clansayes (comme à Louviers et autres points du bassin parisien), dans des calcaires blancs crayeux, que l'on serait tenté de rapporter à la craie blanche.

TERRAINS TERTIAIRES.

Terrain nummulitique des Hautes-Alpes.

Le tracé de ce terrain sur notre carte concorde presque exactement avec celui de la teinte c^2 sur la *Carte géologique de la France*; seulement nous l'indiquons en outre dans le Dévoluy, où nous l'avons reconnu en 1852 (*Bull.*, 2e série, t. X, p. 20). Je n'ajouterai rien ici aux détails que j'ai donnés précédemment sur ce terrain (*Ibid.*, t. XII, p. 17), dont les fossiles ont été décrits dans l'excellent travail de MM. Hébert et Renevier (*Bull.*, 2e série, t. XI, p. 587; *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 2e sér., t. III, 1854-55).

Sables bigarrés et argiles plastiques.

Formation lacustre, indépendante de la mollasse; *premier terrain d'eau douce* de M. Sc. Gras (*Stat. minér. de la Drôme*, 1835). — Ce terrain, dont il n'est pas possible de fixer encore l'âge d'une manière précise, s'est formé dans un grand nombre de petits bassins isolés, et repose toujours directement sur les calcaires compactes de la craie ou de l'étage néocomien supérieur. Il est surtout développé dans le département de la Drôme, où ses caractères et son indépendance d'avec les formations plus récentes ont été parfaitement établies par M. Sc. Gras. J'ai donné récemment une description d'une des coupes les plus intéressantes de ce terrain, dans ma note sur la vallée de Dieulefit (*Bull.*, 2e série, t. XIV, p. 48).

Une des régions où ce terrain est le plus développé, c'est sur les confins O. et S. du massif du Dévoluy, à Lus et aux environs de Veynes. Il pénètre même dans le Dévoluy jusqu'à la Cluse, mais on ne peut pas observer sa position par rapport aux couches à Nummulites de ce pays. Les grès qui surmontent immédiatement les calcaires à Nummulites à Saint-Didier et à Saint-Étienne alternent dans le haut avec des argiles verdâtres ou violacées, se liant insensiblement à de véritables mollasses et à un *nagelflue* très bien caractérisé, dans la direction de Montmaur. Ces mollasses et ce nagelflue s'étendent également, à la Cluse, à Montmaur, etc., sur les argiles et sables bigarrés, les conglomérats siliceux et les calcaires d'eau douce qui représentent ici la formation lacustre de Lus et qui reposent directement sur la craie. Il semblerait pos-

sible, d'après cela, que la formation d'eau douce qui nous occupe fût contemporaine des assises supérieures du terrain nummulitique, et les grès du terrain de mollasse se seraient étendus transgressivement sur l'une et l'autre.

Mollasse lacustre.

Cette deuxième formation d'eau douce a été distinguée avec raison de la précédente, par M. Sc. Gras, dans la *Statistique minéralogique de la Drôme* (1835). Elle appartient en effet essentiellement au bassin où s'est déposé le terrain de la mollasse, et ne se montre point, comme la précédente, dans les replis les plus reculés du massif crétacé. Elle est recouverte immédiatement par la mollasse marine concordante avec elle ; enfin sur quelques points, entre Crest et Chabeuil (Drôme), on peut voir, au-dessous de cette formation lacustre, des assises de mollasse marine, ce qui ne laisse plus de doute sur sa liaison intime avec cette dernière (*Bull.*, 2e série, t. XIV, p. 49, note).

Mollasse marine et poudingues du Bas-Dauphiné.

Les caractères de la mollasse sont trop connus pour que j'aie besoin de les rappeler ici en détail. Les assises inférieures sont en général grossières et très coquillières ; il suffit de citer les localités bien connues des environs de Saint-Paul-trois-Châteaux, de Nyons, de Crest, de Saint-Jean-en-Royans, etc. Dans le midi du département de la Drôme, elles sont accompagnées d'assises également coquillières, presque purement calcaires, comme la pierre blanche des carrières de Saint-Paul-trois-Châteaux.

Les assises moyennes et supérieures de la formation consistent principalement en couches sableuses, qui deviennent en général de plus en plus tendres et presque friables ; en même temps, elles sont en général de moins en moins coquillières. Ces parties supérieures de la mollasse sont très développées dans les collines situées au nord de Romans ; c'est à elles qu'appartiennent divers gisements d'ossements fossiles, et particulièrement des ossements de cétacés et de *Dinotherium*. Au nombre de ces gisements est celui des ossements trouvés à la fin du siècle dernier, près du château de Langon, commune de Montrigaud, et célèbres sous la dénomination fabuleuse d'ossements du géant Teutobochus.

Sur quelques points, ces couches sableuses de la mollasse supérieure renferment de petites coquilles marines bien conservées,

généralement identiques avec celles des faluns de Touraine ; par exemple dans le ravin des *Ponçons*, entre Hauterive et Bathernay. Dans toute cette partie du bas Dauphiné, les couches de la mollasse marine ont une légère inclinaison, constante vers le nord ; et elles viennent s'enfoncer, au bord de la vallée de la Galaure, sous les nappes de poudingues et les argiles à lignites sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure.

La mollasse marine est antérieure au dernier et principal soulèvement des Alpes occidentales, comme l'ont si bien établi les belles observations de M. Élie de Beaumont ; elle a recouvert sur une certaine étendue les terrains crétacés soulevés aujourd'hui dans les chaînes les plus extérieures de l'Isère et de la Drôme. Dans mes *Coupes des montagnes de la Chartreuse* (*Bull.*, 2e série, t. IX, p. 226), j'ai indiqué la distribution de ces lambeaux de mollasse soulevés et disloqués dans les chaînes situées au N. et à l'O. de Grenoble. J'ai décrit surtout le dépôt de *nagelflue*, avec fossiles marins, qui remplit la vallée de Proveysieux ; les couches en sont fortement disloquées et redressées presque verticalement ; et on en retrouve le prolongement au milieu des accidents orographiques les plus compliqués, au nord dans la courbe des *Molières* et à Corbel en Savoie, au sud à Sassenage et à Saint-Nizier.

Ces poudingues de la vallée de Proveysieux sont très importants à considérer, car ils vont nous servir de point de départ pour arriver au classement des poudingues du bas Dauphiné. Posons d'abord en principe les caractères qu'on y remarque constamment, soit à Proveysieux, soit dans les autres localités que je viens de citer :

1° Les poudingues de Proveysieux sont d'origine marine ; on y trouve à divers niveaux et jusque dans les couches supérieures, grossières, des fossiles marins, bien conservés, des dents de squales et le *Pecten scabriusculus*, Math., d'Orb., *Prod.* Ils alternent avec des bancs sableux, très nets, de véritable mollasse renfermant ces mêmes fossiles et des coquilles turriculées mal conservées (*Turritella terebralis*, Lam. ?).

2° Ils sont en couches très fortement redressées, presque jusqu'à la verticale, et sensiblement concordantes avec celles de la craie sur laquelle ils reposent ; lors même que la structure de ces poudingues est telle que la stratification y devient obscure, des bancs sableux intercalés permettent d'en déterminer rigoureusement le sens et de constater la valeur du redressement ;

3° Ils sont formés de cailloux roulés, tous parfaitement arrondis, atteignant au plus le volume de la tête ; dans chaque couche il y

a en général peu d'inégalité entre les dimensions des cailloux ; on observe des alternatives répétées de couches à gros galets, d'autres à cailloux moyens ou petits, d'autres enfin seulement graveleuses ou sableuses ;

4° Ces cailloux appartiennent à toutes les roches des Alpes, et beaucoup d'entre eux à des roches étrangères aux Alpes, venant probablement du plateau central, telles que jaspes rouges et verts, porphyres quartzifères, etc. ;

5° Ces cailloux sont pressés les uns contre les autres, et réunis par un ciment calcaréo-sableux, quelquefois un peu argileux, qui ressemble complétement à la mollasse sableuse ; ce ciment est évidemment contemporain du dépôt lui-même ; il forme à lui seul des couches sableuses plus ou moins continues, alternant avec les nappes de cailloux ;

6° Presque tous les cailloux calcaires, toujours très nombreux, et même quelques cailloux d'autres roches, sont *impressionnés*, c'est-à-dire criblés d'empreintes en creux correspondant à des cailloux voisins, de nature plus résistante. Ce caractère remarquable a été observé partout dans les poudingues de l'étage de la mollasse, en France, en Suisse et en Savoie, depuis l'Alsace jusqu'à la Méditerranée. Notre savant confrère, M. Daubrée, a proposé récemment une explication de la formation de ces empreintes ; je doute cependant qu'elle puisse rendre entièrement compte des faits. Quoi qu'il en soit, les cailloux impressionnés constituent, pour les poudingues du terrain de mollasse, un caractère empirique très constant et auquel je crois pouvoir attribuer une très haute valeur.

Or, tous les caractères que nous venons d'énumérer, sauf la présence de coquilles marines, qui n'y ont pas encore été rencontrées positivement, et l'inclinaison des couches qui est généralement insensible, à cause de l'éloignement des Alpes ; tous les caractères des cailloux, de leurs impressions mutuelles et de leur ciment sableux, se retrouvent invariablement dans les poudingues associés aux marnes à lignites dans toute la partie basse du département de l'Isère. Il m'a été impossible de reconnaître aucune délimitation géologique entre la mollasse proprement dite et cette formation de poudingues dans lesquels sont intercalées les marnes à lignites.

Ce résultat, je ne l'ignore pas, est en opposition avec les conclusions de M. Élie de Beaumont qui rapporte les poudingues et les lignites au *terrain de la Bresse*, ou terrain tertiaire supérieur,

et admet qu'ils sont de formation entièrement lacustre et postérieurs au soulèvement des Alpes occidentales. J'ai dû adopter moi-même cette idée dans le principe, et je la partageais encore à l'époque où j'ai publié mon *Essai sur les montagnes de la Chartreuse* (1852). Mais toutes les observations que j'ai faites depuis m'ont conduit à l'abandonner. Quelques détails sont ici nécessaires et je demande que l'on me permette cette digression.

En quittant le vallon de Proveysieux, où nous venons de signaler des poudingues qui sont incontestablement dans le terrain de mollasse, nous trouvons, à Voreppe, la mollasse exploitée dans de vastes carrières, au-dessus desquelles les poudingues, peu distinctement stratifiés, forment un toit d'une grande épaisseur. Les couches de mollasse sont inclinées de 10 degrés environ à l'E., et la surface inférieure de la masse des poudingues les coupe en biseau, comme on le voit très nettement à l'entrée même des carrières souterraines. Ce fait est décrit et signalé par M. Élie de Beaumont comme un exemple d'indépendance entre la mollasse et les poudingues (*Ann. des sc. nat.*, 1re sér., t. XVIII). Mais je ne puis y voir autre chose qu'un de ces défauts locaux de parallélisme, de ces *bisellements*, qui sont très fréquents entre les assises le plus généralement concordantes, même dans des terrains déposés bien plus tranquillement que n'ont dû l'être la mollasse et les poudingues. Dans sa réunion extraordinaire à Valence, en 1854, la Société géologique a étudié un exemple de ce fait, au sein même de l'étage oxfordien, près de Privas (*Bull.*, 2e série, t. XI, p. 756). M. Fournet en a donné une explication que je crois parfaitement applicable au cas des carrières à Voreppe.

En quittant les grandes carrières et marchant horizontalement vers l'église de Voreppe, puis remontant la rive gauche de la Roize, on rencontre d'autres petites exploitations de mollasse, et on arrive à des carrières situées au bord même de la Roize. Ici la coupe est exactement l'inverse de la précédente : la base du terrain est formée par un poudingue à gros cailloux, recouvert par les couches exploitées, qui sont d'ailleurs inclinées comme celles des carrières souterraines. Sur la rive opposée de la Roize, on voit se dessiner, sur un escarpement d'une trentaine de mètres de haut, une assise de poudingues de dix mètres d'épaisseur, comprise entre deux assises parfaitement parallèles de mollasse bleuâtre purement sableuse.

Il y a donc liaison intime entre la mollasse et ces poudigues, et ce n'est qu'après plusieurs alternances de ces deux sortes de dépôts

en couches concordantes, que l'ensemble de leurs assises s'enfonce sous la masse puissante des poudingues du vallon de la Roize, qui ont plus de 200 mètres d'épaisseur.

Dans la partie supérieure de ces poudingues se trouvent des alternances multipliées de couches argileuses et de grès fins, bien stratifiés, parfaitement concordants; le lignite de Pommier forme trois petites couches subordonnées à une de ces assises d'argiles bleuâtres. Mais cette petite formation d'eau douce, extrêmement circonscrite, n'est qu'un accident insignifiant dans la grande masse des poudingues et ne peut rien faire préjuger sur leur origine.

On n'a trouvé aucun fossile dans les poudingues de Voreppe; notons cependant qu'on y rencontre fréquemment des cailloux, même de petits blocs de calcaire néocomien à peine usés, qui sont percés par des coquilles lithophages, ce qui porterait à admettre une origine marine et non lacustre. Dans les marnes à lignite, on a trouvé des Cérithes, dont une espèce, déterminée par M. Deshayes, paraît être le *Cerithium tricinctum*, Brocchi. Dans le lignite lui-même, il y beaucoup de petites coquilles d'eau douce, écrasées et indéterminables. Enfin, on a trouvé dans le lignite de Pommier un fragment de dent de Mastodonte, à dents étroites, qui a été décrit par M. Charvet (*Bull.*, 2e sér., *Réun. extr. à Grenoble*, 1840).

La masse des poudingues de Pommier, superposée à la mollasse, se prolonge vers le nord en s'élevant, comme la mollasse elle-même, et atteint l'altitude de 1008 mètres, en face de Saint-Julien-de-Raz. De là, ils s'abaissent légèrement dans la direction de Saint-Laurent-du-Pont, et viennent affleurer sur la rive gauche du Guiers-Mort, entre Saint-Laurent et la porte de Fourvoirie.

En sortant de Saint-Laurent, et suivant cette rive du Guiers, on voit des couches de mollasse sableuse, inclinées de 15 degrés environ vers l'E.-S.-E., alterner avec de petites nappes de poudingues inclinées absolument de même. Un peu plus loin, les couches de mollasse reparaissent avec une inclinaison bien plus forte et en sens contraire, redressées vers la grande faille qui fait surgir le premier escarpement des montagnes de la Chartreuse. Dans le lit du Guiers, on aperçoit, sur la rive opposée, ces couches de mollasse, presque verticales, relevées sous un angle de 70 degrés environ. A quelques pas de là, et même perpendiculairement au-dessus de l'affleurement de mollasse ainsi redressée, on voit des nappes de cailloux roulés, sensiblement horizontales, qui passent évidemment sur les tranches de la mollasse et sont en discordance complète avec elle.

M. Élie de Beaumont a décrit cette localité avec le plus grand

soin (1), et les faits se montrent encore exactement conformes à sa description. Mais je ne saurais considérer avec lui les cailloux roulés, qui sont ici en discordance avec la mollasse, comme les équivalents des poudingues de Pommier, qui sont au-dessus de la mollasse, sur la rive gauche. Les nappes de cailloux roulés que l'on voit ici sur la rive droite du Guiers, et qui supportent le petit plateau de Provenches et du Désert, ne sont, à mes yeux, qu'une terrasse d'ancienne alluvion, dont les matériaux, à peine roulés, viennent tous des gorges de la Chartreuse. Ces cailloux ne sont ni arrondis, ni impressionnés. Ils ne sont pas réunis par un ciment sableux, mais simplement par du calcaire concrétionné, déposé par les eaux qui ont filtré et filtrent encore à travers le terrain. D'un côté à l'autre du Guiers, il n'y a pas la moindre analogie entre ces nappes d'alluvion qui ne sont peut-être qu'un ancien lit de déjection du Guiers, et les poudingues à cailloux impressionnés, intimement liés avec la mollasse, et alternant avec elle.

A l'O. de Saint-Laurent, dans le vallon de Saint-Aupre, M. Élie de Beaumont indique une superposition discordante des poudingues sur la mollasse, redressée sous un angle de 70 degrés (2); j'ai visité avec soin la localité indiquée, mais il m'a semblé, au contraire, apercevoir une liaison intime et une concordance complète entre ces deux sortes de dépôts. Dans les ravins qui entament profondément la même colline, entre Merlas et Saint-Geoire, il y a des alternances fréquentes et multipliées de mollasse sableuse, très nettement stratifiée, et de petites assises de poudingues. Il en est de même dans le ravin de la Morge, au-dessus de Voiron.

Sur le prolongement de la direction des couches de mollasse, redressées à Saint-Aupre, on retrouve, à Saint-Quentin-sur-l'Isère, les poudingues associés à des couches sableuses; ils forment un monticule supportant une tour ruinée. Dans ce monticule, comme le fait observer M. Élie de Beaumont (3), leurs couches sont horizontales, mais on peut continuer à les suivre un peu plus au S., le long de la chaîne calcaire; et, à moins de deux kilomètres, on les trouve en contact avec le calcaire néocomien supérieur, et redressés comme lui sous un angle d'environ 60 degrés. Une petite aiguille, formée de poudingues très solides, ainsi relevés, se

(1) *Ann. des sciences naturelles*, 1re sér., t. XVIII, p. 337, 1829, et t. XIX, p. 8.
(2) *Ann. des sc. nat.*, 1re sér., t. XIX, p. 17.
(3) *Ibid.*, t. XIX, p. 15.

dresse au flanc de la montagne calcaire, et la stratification des poudingues y est rendue plus distincte encore par des alternances de petits lits très réguliers de mollasse sableuse.

Ainsi, à Saint-Quentin comme à Proveysieux, les poudingues ont été redressés par le soulèvement des Alpes; ils font donc là aussi partie du terrain de mollasse.

Au Pont-de-Beauvoisin, la vallée du Guiers est creusée dans la mollasse, qui s'élève encore à plus de 50 mètres au-dessus de ce niveau, au Sablon, sur la route des Abrets. Mais au Pont-de-Beauvoisin même (1) la mollasse renferme de petites assises caillouteuses, des couches de véritables poudingues, tandis que, plus haut, les poudingues dominent, mais avec des alternances de mollasse sableuse; de telle sorte que je ne puis reconnaître aucune limite nette entre la mollasse marine, coquillière, du Sablon, et ces poudingues prétendus lacustres.

Aux Abrets, les poudingues commencent à renfermer des assises alternantes d'argiles bleues. Ces argiles se développent davantage un peu plus à l'O. et contiennent les lignites des environs de la Tour-du-Pin. M. Fournet a publié récemment une note sur le gisement de ces lignites (2). Le principal objet de cette note est de montrer la continuité de l'assise argileuse et des véritables couches de lignite qu'elle renferme; mais notre savant confrère semble établir une différence de caractères entre les poudingues supérieurs aux lignites et ceux qui en forment la base. Dans toutes les coupes et exploitations que j'ai vues aux environs de la Tour-du-Pin, j'ai trouvé que les poudingues qui surmontent l'assise des lignites sont exactement semblables à ceux qui sont dessous; qu'il y a enchevêtrement intime, par petites assises alternantes, des argiles et des poudingues; et sur toute leur épaisseur, en dessus comme en dessous, ceux-ci sont toujours caractérisés par leurs cailloux *impressionnés* et leur ciment calcaréo-sableux. Ainsi, les argiles à lignites de la Tour-du-Pin ne sont qu'une petite formation d'eau douce, d'épaisseur insignifiante, intercalée dans le grand étage des poudingues, et je ne crois pas qu'on puisse en inférer l'origine lacustre de ceux-ci.

Il en est de même des lignites, en tout semblables à ceux de la Tour-du-Pin, que l'on rencontre sur plusieurs points, entre Vienne et Saint-Marcellin, comme à Anjou, Viriville, Fay-d'Albon, Mont-

(1) *Ann. des sc. nat.*, 1re sér., t. XVIII, p. 334.
(2) *Bull.*, 2e série, t. XI, p. 763, et *De l'extension des terrains houillers*, Lyon, 1854.

mirail, et surtout à Hauterives, dans la vallée de la Galaure. Cette dernière station est très propre à montrer la liaison intime qui existe entre ces trois formations : mollasse marine coquillière, poudingues à cailloux *impressionnés*, et argiles bleues avec coquilles d'eau douce et couches de lignites (1).

En face d'Hauterives, sur la rive gauche de la Galaure, on voit la mollasse sableuse, tendre, dans laquelle on rencontre quelques petites coquilles marines, comme celles qui s'y trouvent en abondance, à une lieue au S., dans les ravins des Ponçons. En remontant le cours du ruisseau qui vient du hameau de Combesse, on voit qu'il a creusé son lit dans des alternances de cette mollasse avec de petites couches argileuses, contenant des Hélices, des Lymnées et autres coquilles d'eau douce, et des traces de lignite. Ces argiles à coquilles d'eau douce sont bien manifestement subordonnées à la mollasse marine; le tout incline légèrement au nord, et vient, par conséquent, passer sous les couches de l'autre côté de la Galaure.

Le bourg d'Hauterives est adossé à une colline formée de poudingues à cailloux *impressionnés*, alternant avec des mollasses sableuses; au sommet de cette colline, près du vieux château, le tout est surmonté par une couche remplie d'Huîtres (*Ostrea longirostris*, Lam.). Cet ensemble plonge au nord sous un vallon occupé par les marnes bleues à lignites, et il n'y a qu'une faible épaisseur de couches sableuses ou caillouteuses entre la couche à Huîtres et l'argile avec coquilles d'eau douce.

L'argile bleue d'Hauterives renferme un grand nombre de coquilles d'eau douce ou terrestres bien conservées, qui ont été décrites par M. Michaud. Cet habile conchyliologiste les regarde presque toutes comme nouvelles; mais M. Deshayes pense qu'elles sont généralement identiques avec les faluns de la Touraine. Le lignite forme, dans l'argile bleue, deux couches bien réglées, dont l'une est épaisse de 1^{m},50. Il a la structure ligneuse de la plupart de ceux de la Tour-du-Pin. L'assise d'argile, puissante d'environ 20 mètres, s'enfonce sous une masse de poudingues à cailloux impressionnés, que l'on peut suivre sur la route d'Hauterives à Beaurepaire. De l'autre côté de la colline que franchit cette route, on retrouve les mêmes poudingues en descendant sur Lent-Lestang, et ils renferment encore, près de Moras, des lits d'argile et des

(1) Thiollière, *Soc. d'agricult., etc., de Lyon*, 1855; Sc. Gras, *Bull.*, 2e série, t. XIV, p. 221.

traces de lignite qui sont peut-être le prolongement affaibli de l'assise d'Hauterives.

Le terrain des poudingues à cailloux impressionnés renferme aussi très souvent de petites assises de marnes très calcaires et de calcaires blanchâtres, qui ont tout à fait l'aspect de petits dépôts lacustres. Par exemple, en suivant la route de Saint-Marcellin à Roybon, on trouve d'abord la mollasse sableuse, bientôt après de petites alternances de poudingues, puis, jusqu'au-dessus de Murinais et de Varacieux, une série d'alternances très multipliées de mollasses, de poudingues et de marnes blanches, avec petites couches de calcaire lacustre. Enfin, près de Roybon, à Plan-Michard, M. Fénéon (1) a trouvé une couche de calcaire lacustre, accompagné de marnes blanches, que l'on exploite pour l'amendement des terres, et qui est encore intercalée dans la partie supérieure des poudingues. De petites couches de lignite existent aussi dans cette partie de la région des poudingues, à Bessins et à Dionay, au Serre-Nerpol et à l'Osier, au-dessus de Vinay, etc. Mais ces alternances de petites assises d'eau douce avec les nappes de poudingues à cailloux impressionnés ne me semblent pas, quelque fréquentes qu'elles soient, impliquer l'origine lacustre de ces derniers, car ces alternances se rencontrent dans la mollasse marine la mieux caractérisée. Au-dessous de Saint-Marcellin même, sur le bord de l'Isère, on a exploité, comme pierre de taille, un calcaire lacustre dont les couches plongent d'environ 10 degrés vers le N.-O., et qui est intercalé, en stratification concordante, dans la mollasse sableuse.

Ainsi, dans toute la partie du bas Dauphiné comprise entre le Rhône et l'Isère, il paraît exister une liaison intime entre ces trois sortes de dépôts, la mollasse marine, les poudingues à cailloux *impressionnés*, les argiles et marnes à coquilles d'eau douce, avec couches de lignite subordonnées. Les poudingues seraient, à mes yeux, une formation marine, qui ferait suite, sans discontinuité, à la mollasse coquillière. Ils alternent dans le bas avec celle-ci, de même que des couches sableuses alternent avec eux jusque dans leur partie supérieure. Ils ont été, sur plusieurs points, redressés, comme la mollasse ordinaire, par les derniers soulèvements des chaînes crétacées de l'Isère. Les argiles avec coquilles d'eau douce, les lignites en amas subordonnés à ces argiles, sont de petits dépôts d'eau douce intercalés à différents niveaux dans cette grande formation marine. Il n'en est pas moins vrai que, dans l'ensem-

(1) Élie de Beaumont, *Ann. des sc. nat.*, 1re sér., t. XIX, p. 34.

ble, ces argiles et les poudingues dans lesquels elles sont intercalées forment un groupe de couches supérieur à la mollasse proprement dite, et qui n'a recouvert celle-ci que sur une partie de son étendue. Mais une délimitation tranchée me semble bien difficile à établir, et nous sommes conduits à réunir sous une même teinte, avec la mollasse, les poudingues à cailloux *impressionnés* et les argiles à lignites, qui, sur la *Carte géologique de la France*, sont séparés de la mollasse et désignés par le signe *p*.

L'ensemble de ces dépôts occupe une étendue considérable dans le N.-O. du Dauphiné, entre le Rhône et les premières chaînes calcaires des Alpes; il constitue un pays de collines et de plateaux, découpés par un grand nombre de vallées et de ravins, et il est bien manifeste que les érosions que le terrain a subies depuis son immersion ont singulièrement modifié la configuration primitive de cette région. Les collines de poudingues les plus élevées sont celles qui composent le pays dit les Terres-Froides, au nord de Voiron. Le point culminant est au signal de Baracuchet, au N.-O. de Saint-Aupre (964 mètres). Cette hauteur est bien supérieure à celle de la première chaîne crétacée, qui forme une voûte surbaissée, haute seulement de 703 mètres, entre Saint-Aupre et Saint-Laurent-du-Pont; de sorte que l'on peut aisément prolonger par la pensée les poudingues par-dessus cette voûte, pour les rattacher à ceux de Saint-Laurent et de Pommier.

A partir de cette lisière du massif de la Chartreuse, si l'on détermine les cotes successives les plus élevées des plateaux tertiaires, on voit qu'elles sont groupées avec une régularité remarquable sur une ligne perpendiculaire à la direction des chaînes de la Chartreuse, menée par le signal de Baracuchet, et aboutissant au bord des plaines lyonnaises, entre Chaponnay et Saint-Symphorien-d'Ozon. En raccordant ces sommités, on a une ligne à peu près régulière, dont la pente moyenne est de $0^m,95$ pour 100 mètres, ou un peu moins de $\frac{1}{100}$. Sur deux parallèles à cette même direction se trouvent deux autres groupes de cotes exceptionnelles; l'une de ces parallèles joindrait le sommet de Morsonna, près Tullins (787 m.), avec la cote 410 du télégraphe de Jardin, près Vienne; l'autre, le point culminant du plateau de Chambaran (735 m.), à la cote 424, à 10 kilomètres N.-O. de Beaurepaire. La pente de cette dernière est exactement celle de la ligne ci-dessus, 0,0095; celle de l'autre est 0,00937 sur 30 kilomètres, puis se réduit à 0,0054 sur les 18 restants, en approchant du Rhône.

On peut conclure de là qu'après leur émersion les terrains tertiaires que nous venons d'étudier constituèrent un vaste plateau,

s'appuyant d'un côté sur la première chaîne crétacée des Alpes, et s'étendant jusqu'au pied des montagnes qui bordent aujourd'hui la rive droite du Rhône, avec une pente régulière d'environ 1 pour 100 vers l'O.-N.-O. Les parties qui ont le mieux conservé, sur des étendues un peu notables, la configuration primitive du sol, sont comprises entre la vallée du Rhône et le 3e degré de longitude E., passant un peu à l'E. de Bourgoin et de Saint-Marcellin. Là se trouvent des plateaux assez vastes, plateaux de Chambaran, s'étendant sur les cantons de Roybon et du Grand-Serre, plateaux de Bonnevaux, se prolongeant en pente douce jusqu'au S. de Vienne, et plusieurs autres moins importants. Les eaux de ces pays coulent uniformément vers l'O., et donnent lieu à plusieurs petites rivières qui se jettent dans le Rhône entre Lyon et le confluent de l'Isère. Ce caractère hydrographique définit assez bien les limites d'une région où les poudingues tertiaires sont recouverts par un terrain de transport ancien, formant le sol des plateaux et de toutes les hauteurs, et évidemment antérieur au creusement des vallées; ce terrain de transport nous semble bien distinct des poudingues sur lesquels il repose, et peut être considéré comme le dernier terme de la série tertiaire dans le Dauphiné.

Terrain de transport ancien des plateaux du bas Dauphiné.

Ce terrain se compose de sables fins, siliceux, et d'argiles, dépourvus de carbonate de chaux, et contenant des cailloux roulés, parfaitement arrondis, de quartz blanc, compacte ou grenu, qui ont jusqu'à 0m,15 de diamètre. Ces cailloux roulés sont surtout abondants dans les sables de la partie inférieure du dépôt. Avec ces cailloux de quartz, on ne trouve qu'un petit nombre de cailloux granitiques ou d'autres roches siliceuses très résistantes; les cailloux calcaires y sont très rares, tout à fait exceptionnels. Les sables et les argiles sont en général un peu ferrugineux; çà et là, les argiles sont assez pures pour être exploitées comme terres réfractaires. Souvent on rencontre dans ces glaises de petits tubercules de minerai de fer pauvre; lavés par les eaux pluviales, ils sont rassemblés en grand nombre dans les petites dépressions du terrain.

Ces dépôts, d'un aspect si caractérisé, couvrent les vastes plateaux de Chambaran, où ils s'élèvent à 735 mètres, et descendent avec une pente d'abord rapide, puis de plus en plus faible, vers l'O.-N.-O. Leur puissance totale me paraît atteindre au plus 30 à

40 mètres. On les retrouve au nord de la Côte-Saint-André, puis sur les plateaux de Bonnevaux, etc., jusqu'auprès de Vienne. Le sol glaiseux formé par ce terrain retient les eaux, et détermine l'existence d'un grand nombre d'étangs sur ces plateaux. Au delà de Vienne, on retrouve encore les mêmes glaises et leurs galets de quartz sur toutes les hauteurs et jusque sur les collines de gneiss de Ternay. Ici le niveau supérieur de ce terrain est singulièrement diminué, puisqu'il n'est plus qu'à 370 mètres environ, sur le bord des plaines lyonnaises, depuis Communay jusqu'à Chandieu.

M. Élie de Beaumont (*Ann. des sc. nat.*, 1re série, t. XIX) a rattaché ces glaises à cailloux quartzeux des plateaux du bas Dauphiné aux dépôts semblables qui forment le sol du nord de la Bresse, de la plaine entre Châlon et Dijon, des plaines des environs de Dôle, et enfin aux argiles contenant le minerai de fer pisiforme de la Haute-Saône aux environs de Gray. Il considère ces dépôts comme formés dans un même grand lac qui ne paraît pas s'être étendu vers le midi au delà des environs de Saint-Donat (Drôme), où viendrait passer le prolongement du bord fortement relevé du plateau de Chambaran. Nous adoptons entièrement à ce sujet les vues de l'illustre auteur de la *Carte géologique de la France;* seulement nous ne croyons pas pouvoir réunir à cette formation lacustre les poudingues à cailloux *impressionnés*, dont nous nous sommes occupé plus haut. Dans notre opinion, le terrain tertiaire supérieur se réduirait à ce dépôt, encore très important, de glaise avec cailloux quartzeux et grains de minerai de fer, formé, après le retrait de la mer qui avait déposé les poudingues et le soulèvement des Alpes occidentales, dans un lac qui se trouvait limité au S.-E. par une plage de mollasse et de poudingues soulevés. Une ligne passant par Tain, Saint-Marcellin, le Grand-Lemps et Bourgoin me paraît circonscrire complétement de ce côté le bassin où se serait formé ce dépôt. Du côté du nord, tout porte à croire qu'il communiquait librement avec le bassin bressan. La grande élévation et la pente assez rapide que présente le terrain tertiaire supérieur sur le bord S.-E. du plateau de Chambaran indiquent un relèvement de ce dépôt par le dernier soulèvement des Alpes. Cette révolution, comme l'a établi M. Élie de Beaumont, a eu pour conséquence l'établissement de la pente actuelle du bassin du Rhône à partir de Saint-Vallier, l'écoulement des eaux du grand lac bressan et le creusement des vallées dans les terrains tertiaires du bas Dauphiné par les courants diluviens. La principale de ces vallées, s'étendant de Voiron à Saint-

Rambert, a une direction qui est à peu près celle des Alpes orientales, et l'on peut penser qu'elle doit son origine à une dislocation du sol tertiaire dans cette direction que les eaux diluviennes ont suivie, et où elles ont rapidement creusé un sillon d'environ 10 kilomètres de largeur. Neus arrivons ici à la période dite diluvienne ou quaternaire, dont il importe de distinguer les dépôts d'avec ceux des dernières périodes tertiaires.

Terrain quaternaire ou diluvien.

Je comprends sous cette dénomination, et provisoirement sous une teinte unique sur la carte, l'ensemble des terrains de transport formés sous un régime bien différent de celui de la période actuelle, mais cependant en rapport intime avec la configuration générale du sol telle qu'elle est aujourd'hui, et postérieurs aux derniers soulèvements qui ont façonné les chaînes des Alpes.

Le premier fait géologique de cette période paraît avoir été, comme nous venons de le rappeler, d'après M. Élie de Beaumont, le déversement des eaux du grand lac bressan vers le midi, le creusement de la vallée du Rhône au-dessous de Saint-Vallier et celui de deux grands sillons d'érosion dans le fond de l'ancien lac : l'un de ces sillons est le bassin des *plaines lyonnaises* entre le *plateau de la Bresse* et le *plateau viennois ;* l'autre est la *vallée de la Côte-Saint-André*, entre le plateau *viennois* et celui de *Chambaran*. En même temps, de grandes érosions ont eu lieu dans les Alpes, et les débris des montagnes ont été roulés et transportés par des cours d'eau d'une énergie extraordinaire qui les ont déposés dans les grandes vallées alpines et dans le bassin du Rhône. L'échancrure des plaines lyonnaises a reçu les matériaux roulés venant du Jura, de la Suisse et d'une partie de la Savoie; la vallée de la Côte-Saint-André a été le débouché général des débris provenant du bassin hydrographique actuel de l'Isère et de ses affluents. Enfin, de grandes masses de débris des Hautes-Alpes ont été transportées vers le midi, suivant le cours actuel de la Durance. Je vais indiquer rapidement les caractères de ces terrains de transport ou *alluvions anciennes*, soit dans les vallées alpines, soit en dehors des Alpes, dans le bas Dauphiné.

Alluvions anciennes dans la vallée de l'Isère. — Elles constituent en avant de Grenoble plusieurs terrasses qui sont à plus de 150 mètres au-dessus des alluvions actuelles, à Saint-Nazaire, à la Buissière, et surtout à Barraux et à Chapareillan. Au delà de la frontière, elles se rattachent manifestement à des terrasses sem-

blables, bien plus nombreuses encore dans la direction d'Albertville et dans celle de Chambéry. Le caractère général de ces alluvions, c'est d'être formées, dans leurs parties inférieures, de matériaux fins et nettement stratifiés, de couches de petits graviers, de sables, et même d'assises très régulières d'argile bleue, exploitée pour faire des tuiles. On trouve même dans ces argiles des coquilles terrestres et fluviatiles très fragiles, des Hélices, des Cyclades qui paraissent identiques avec les espèces vivantes du pays même, et M. So. Gras a signalé, dans l'argile de la terrasse de Barraux, un gîte de lignite formant trois petites couches, chacune de 10 à 30 centimètres de puissance (1). Ces parties inférieures des alluvions anciennes de la vallée de l'Isère indiquent un dépôt tranquille, peut-être dans un lac. Les parties supérieures sont plus caillouteuses, et deviennent même de plus en plus grossières. Cependant elles sont toujours assez distinctement stratifiées et formées de cailloux roulés, bien arrondis, sans mélange de débris anguleux ni de gros blocs. Les cailloux ressemblent exactement à ceux qui ont été longtemps roulés dans les rivières torrentielles; ils ne sont *jamais polis et striés*, *jamais* non plus *impressionnés*, comme le sont les cailloux des poudingues tertiaires; ils forment quelquefois des poudingues assez solides; mais le ciment de ces poudingues n'est que du calcaire concrétionné, évidemment déposé par les eaux qui ont filtré et filtrent encore à travers les nappes de cailloux. Ce n'est que dans les parties superficielles, sur le haut ou sur les pentes dénudées des terrasses, qu'on trouve mélangés à ces dépôts des blocs plus ou moins volumineux, souvent à peine émoussés, des cailloux polis et striés, des matières transportées, de caractères tout autres; mais comme ces derniers dépôts se montrent seuls, à des hauteurs bien plus grandes, sur les flancs des montagnes, il est naturel de penser que leur mélange avec les cailloux roulés des nappes d'alluvions anciennes, dans les parties superficielles de celles-ci, est le résultat d'un remaniement, et que le transport de ces débris *erratiques* est un fait distinct, postérieur à la formation des terrasses d'alluvions anciennes.

Nous avons dit plus haut que l'on pouvait rattacher la terrasse de Barraux et de Chapareillan à une succession de terrasses analogues dans la direction de Chambéry, et l'on arrive ainsi aux terrasses qui s'étendent des deux côtés de la vallée entre Chambéry et le lac du Bourget. Tous les caractères que nous avons

(1) *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 2e sér., t. I, p. 198.

décrits plus haut se retrouvent dans celles-ci ; les dépôts tranquilles de sables fins et d'argiles dans les parties inférieures y sont encore plus développés qu'à Barraux ; et, à la place des petits amas de lignite de cette dernière localité, se trouvent les lignites, en amas beaucoup plus épais et plus suivis, exploités à Sonnaz et à la Motte-Servolex. Ces lignites, que je viens d'étudier sur les lieux, ressemblent minéralogiquement à ceux de la Tour-du-Pin ; mais je les en crois bien distincts au point de vue géologique. Les végétaux et les mollusques terrestres ou fluviatiles qu'ils renferment paraissent appartenir à des espèces qui vivent encore dans le pays ; quant aux élytres d'insectes qu'on y trouve, elles appartiennent à des genres qui sont dans le même cas ; et les caractères qu'elles peuvent fournir ne paraissent guère assez décisifs pour autoriser la création d'espèces nouvelles. Les nappes caillouteuses de ce terrain sont formées de cailloux roulés des Alpes, parmi lesquels dominent surtout les roches granitiques ; ils ne sont *jamais impressionnés*, et s'ils forment çà et là des poudingues assez solides, le ciment qui les unit n'est jamais que du calcaire concrétionné, déposé par les infiltrations aqueuses ; ils ne ressemblent en rien aux poudingues tertiaires de la Tour-de-Pin. Aussi, tandis que ceux-ci se lient intimement avec la mollasse, comme on l'a vu plus haut, les couches du terrain à lignite de Chambéry n'ont subi aucun dérangement et sont en discordance complète avec la mollasse marine et la mollasse lacustre, redressées jusqu'à la verticale dans la colline de Tréserve, près Aix. Je rattache donc ce terrain aux alluvions anciennes, quaternaires, et je suis heureux de pouvoir appuyer mon opinion de celle de M. Louis Pillet, dans son excellente *Description géologique des environs d'Aix*, où l'on trouvera sur ces dépôts beaucoup de détails dans lesquels je ne puis entrer ici.

Alluvions anciennes du bassin du Drac. — Le cours actuel du Drac est creusé profondément dans les schistes du lias, entre des terrasses d'anciennes alluvions qui sont souvent à plusieurs centaines de mètres au-dessus de la rivière. En remontant de Grenoble à Saint-Bonnet, on voit que ces terrasses, parfaitement indiquées sur la *Carte géologique de la France*, sont étagées à des niveaux absolus de plus en plus élevés, mais viennent insensiblement se raccorder avec le niveau des alluvions actuelles vers les sources du Drac, à Champoléon et à Orcières. Il semble manifeste que la rivière consistait jadis en une série de bassins étagés, se déversant les uns dans les autres par des gorges étroites et dans lesquels se sont entassés sur d'énormes épaisseurs, par nappes successives, les

débris plus ou moins grossiers, roulés par les affluents. Ces dépôts ont été décrits par M. Élie de Beaumont (*Ann. des Sc. nat.*, 1re série, t. XIX, p. 68); ils ont un caractère torrentiel beaucoup plus marqué que ceux de la vallée de l'Isère; cependant ils sont encore bien distinctement stratifiés, et présentent même des lits, sensiblement horizontaux, de matières fines, de sables ou d'argiles, alternant avec les nappes de cailloux roulés. Les cailloux ont les dimensions et les formes irrégulièrement arrondies que l'on remarque dans les rivières torrentielles de l'époque présente; les blocs un peu volumineux et à angles presque vifs sont tout-à-fait exceptionnels dans les parties profondes du dépôt. Au contraire, dans la partie supérieure des terrasses et dans toutes les parties superficielles remaniées, il y a un mélange intime des cailloux roulés avec de grands blocs anguleux, avec des cailloux polis et striés; toute trace de stratification disparaît dans les amas de débris de ce dernier genre qui couronnent les terrasses de Corps, de la Mure, etc.; et on est naturellement conduit à penser que leur mode de transport a été tout autre que celui des galets arrondis des nappes inférieures.

Les alluvions anciennes du bassin du Drac s'enchevêtrent avec celles de la vallée de l'Isère dans une grande terrasse qui borde au S.-E. la plaine de Grenoble, à Champagnier, Echirolles, Eybens, etc. Cette terrasse montre des nappes horizontales de cailloux roulés et de graviers, sans mélange de gros blocs, ni de débris anguleux, ni de cailloux polis et striés, jusqu'à deux cents mètres au moins au-dessus de la plaine; on y trouve même, intercalée dans la partie inférieure du dépôt, une assise puissante et très régulière d'argile fine, exploitée à Eybens pour la fabrication de tuiles et de poteries. Les parties supérieures de cette même terrasse jusqu'au niveau du hameau de Remage (350 mètres au-dessus de Grenoble) présentent un mélange de galets avec des débris anguleux et de gros blocs, puis ce dernier genre de dépôts exclusivement; tout indice de stratification disparaît, du moment où l'on rencontre les gros blocs, les débris anguleux et les cailloux striés; enfin le haut de la montagne à laquelle est adossé ce dépôt est couvert, jusqu'à son sommet (alt. 893 m.), d'une énorme quantité de grands blocs erratiques épars.

La vallée de la Durance offre une succession de terrasses d'anciennes alluvions, qui sont dans le même cas que celles du bassin du Drac : telles sont la terrasse de Grand-Villard, au bord de la plaine de Briançon, les terrasses de Montdauphin et d'Embrun, que l'on peut relier l'une à l'autre par des lambeaux intermé-

diaires, et qui sont formées de cailloux roulés fortement cimentés par des infiltrations calcaires, et les terrasses semblables entre lesquelles la Durance s'encaisse un peu en dessus de Sisteron, etc.

Caractères généraux des alluvions anciennes. — Les détails que nous venons de donner suffisent, je crois, pour établir nettement les caractères des *alluvions anciennes* dans les vallées alpines du Dauphiné et la distinction qu'il convient de faire entre elles et les *dépôts erratiques*. Les alluvions anciennes ont tous les caractères de dépôts formés par de grandes masses d'eaux, tantôt rapides, tantôt à peu près tranquilles, c'est-à-dire présentant dans leur régime des variations dont celles des rivières alpines de l'époque actuelle nous offrent encore une image affaiblie. Elles se sont formées dans les bassins que suivent encore les rivières actuelles, mais à des niveaux bien supérieurs. Le caractère torrentiel de ces dépôts est d'autant plus prononcé qu'on le suit plus avant dans les montagnes; il l'est plus pour les terrasses du Drac ou de la Durance que pour celles de l'Isère, en amont de Grenoble; la constitution plus ou moins grossière de ces terrasses est en rapport intime avec la constitution des alluvions actuelles des mêmes rivières, dans les mêmes contrées. Cela indique, si je ne me trompe, que les alluvions anciennes se sont formées durant une période qui avait beaucoup de ressemblance avec la période actuelle, mais pendant laquelle les cours d'eau des Alpes avaient un plus grand volume et étaient beaucoup moins encaissés qu'ils ne le sont aujourd'hui. On peut aussi supposer, ce me semble, qu'ils consistaient alors en une sériedebassins étagés, se déversant les uns dans les autres par des gorges étroites, et dans chacun desquels se sont entassées des alluvions, formées de matières fines ou grossières, plus ou moins nettement stratifiées, suivant le caractère des affluents qui débouchaient dans ces bassins : les rivières actuelles se sont creusé profondément, au milieu de ces anciennes alluvions, des lits bien plus étroits et d'une pente à peu près uniforme.

Dépôts erratiques. — Ces dépôts, bien distincts des précédents et dus évidemment à des phénomènes postérieurs, sont de deux sortes : les *blocs erratiques épars* et les *amas de débris erratiques, à cailloux polis et striés*, généralement empâtés dans une sorte de boue ou limon de caractère spécial, et reposant souvent sur des roches qu'ils ont polies et striées par leur glissement.

Les blocs erratiques épars venant des hautes chaînes des Alpes ont été transportés sur les chaînes inférieures et sur les plateaux subalpins, et sont venus en grande abondance jusque dans les environs de Lyon. Leur distribution dans le Dauphiné mériterait

d'être examinée en détail, mais je me bornerai ici à quelques indications rapides.

Dans le groupe des montagnes de la Chartreuse, par suite des déchirures nombreuses qui donnent accès dans les parties centrales de ce massif, on trouve des blocs alpins, de roches granitiques surtout, dans toutes les parties dont l'altitude ne dépasse pas 1200 mètres. Il en est de même des deux côtés de la vallée de l'Isère, de Grenoble à Voreppe. A l'O. de Grenoble, ces blocs couvrent en grand nombre le plateau de Saint-Nizier (1171 m.), d'où quelques-uns d'entre eux ont été entraînés dans la vallée de Lans et dans les gorges de la Bourne. Je n'en ai jamais rencontré dans les vallées d'Autrans et de Méaudre, ni dans celles du Vercors, où ils n'auraient pu arriver qu'en remontant des gorges de la Bourne. Au S. de Grenoble, ils sont très répandus dans les bassins de la Gresse et de l'Ébron et des deux côtés de la gorge du Drac, aux environs de la Mure, de Mens et de Corps, toujours jusqu'à une altitude maxima d'environ 1200 mètres. Ils sont surtout abondants sur les terrasses d'alluvions anciennes qui bordent les deux rives du Drac et sur lesquelles sont bâtis Corps, la Mure, Saint-Jean d'Hérans, etc., à un niveau moyen d'environ 900 mètres. La même abondance de blocs erratiques se remarque sur les flancs de la vallée du Drac au-dessus de Corps et jusque sur le plateau de Bayard, point culminant de la route de Grenoble à Gap, et point de partage des eaux entre le Drac et la Durance (1250 mètres environ). M. Rozet a décrit, avec des détails précis et très intéressants, ces dépôts erratiques des environs de Gap (1), d'où les blocs, venant, soit du massif de Chaillol, soit des parties élevées du bassin de la Durance, ont été transportés vers le midi, suivant les cours actuels de la Durance et du Buech de Veynes, qui confluent à Sisteron.

Dans le bassin de la Durance, aux environs d'Embrun, de Guillestre et de Briançon, la distribution des blocs erratiques présente des faits analogues. Je n'ai jamais aperçu de blocs erratiques venant des Alpes centrales dans les montagnes du Dévoluy, ni dans toutes celles du département de la Drôme.

Les blocs erratiques des Alpes dauphinoises n'ont pu sortir de la région des montagnes que par un petit nombre d'issues : 1° en contournant au nord le massif de la Chartreuse, par Chambéry, d'où ils sont venus s'étaler sur le nord du département de l'Isère, jusqu'à Lyon ; cette voie, principal débouché des blocs de la Mau-

(1) *Bull.*, 2e sér., t. IX.

rienne et de la Tarentaise, a été aussi celui d'une partie des blocs du pays d'Allevard ; 2° en passant par la coupure de l'Isère, de Grenoble à Voreppe, d'où ils se sont dispersés sur tout le Bas-Dauphiné ; 3° enfin par la vallée de la Durance, qui les a conduits en Provence. Dans toute la partie basse du département de l'Isère, des deux côtés de la ligne de Voreppe à Lyon, les blocs alpins sont répandus en abondance sur les collines tertiaires des Terres-Froides, jusqu'à des hauteurs de plus de 900 mètres sur la lisière du massif de la Chartreuse (collines de Merlas), sur les plateaux tertiaires du Viennois, sur le plateau jurassique de Crémieu et de Morestel, et on les suit ainsi de proche en proche jusque sur les hauteurs qui couronnent la ville de Lyon.

Les *amas de débris erratiques* sont formés d'un mélange confus de débris de toute grosseur, empâtés dans un limon qui résulte évidemment de la trituration des roches, et qui est en général assez argileux et assez fortement tassé pour rendre la masse à peu près imperméable. Bien distinct sous ce rapport des alluvions anciennes qui sont presque toujours très perméables, le terrain de transport erratique forme un sol agricole particulier, désigné, dans les environs de Chambéry, sous le nom de *marcq*, sous celui de *diot*, dans les environs de Genève (1). Les nombreux étangs des Terres-Froides et des plateaux au nord de Morestel doivent en général leur existence à ce fond argileux de terrain erratique.

Les caractères géologiques de ce terrain sont bien connus ; on y trouve pêle-mêle, sans triage et sans trace de stratification, des débris de toutes dimensions, les uns anguleux, à peine émoussés, les autres usés par le frottement, émoussés et polis sans être arrondis, enfin les cailloux polis et striés, éminemment caractéristiques de ce genre de dépôts. Pour peu qu'on y fasse attention, il est impossible de confondre ces amas, résultant de boues épaisses et à peine plastiques, avec les nappes d'alluvions anciennes, formées de matières qui ont été roulées et déposées librement, au sein de masses d'eaux abondantes.

Les amas erratiques reposent sur tous les terrains, jusque sur les alluvions anciennes inclusivement, et appartiennent par conséquent à la dernière époque géologique qui a précédé la période actuelle. Quand ils reposent sur des roches dures, celles-ci sont constamment polies et couvertes de stries, dont le sens indique celui du glissement de la masse erratique. L'existence de ces surfaces polies

---

(1) G. Mortillet. *Prodrome d'une géologie de la Savoie*, p. 5.

et striées par le transport des débris erratiques est un fait tellement général dans les Alpes dauphinoises qu'il faudrait citer presque toutes les localités des montagnes de l'Isère et des Hautes-Alpes, si l'on voulait dresser le catalogue de celles où l'on trouve des surfaces de ce genre. Je me contenterai de faire observer que ce poli se montre avec la plus grande perfection sur les roches les plus dures, les granites de l'Oisans, les quartzites blancs du Briançonnais (descente du col du Chardonnet à Névache, etc.); qu'il est surtout remarquable sur les calcaires compactes des terrains jurassiques ou du terrain néocomien; enfin qu'il affecte des roches de tout âge, jusqu'aux alluvions anciennes, quand elles sont cimentées et forment des poudingues, ainsi que l'a indiqué M. Rozet pour les poudingues quaternaires sur lesquels est bâtie la ville d'Embrun (1).

La limite supérieure du niveau des surfaces polies et striées est essentiellement variable et d'autant plus élevée qu'on se rapproche plus des grands massifs alpins. Dans les vallons qui débouchent des hautes montagnes de l'Oisans et du Briançonnais et dont le haut est occupé encore par des glaciers, on peut suivre de proche en proche la continuité des surfaces polies anciennement avec celles que les glaciers usent encore aujourd'hui : les vallons du Vénéon et de la Romanche, ceux de Vallouise, de Névache, de Cervières, et une foule d'autres vallons tributaires du Drac ou de la Durance, pourraient être cités comme des exemples classiques du grand développement des surfaces polies et striées, offrant tous les caractères de lits d'anciens glaciers. Les surfaces polies et striées peuvent être suivies vers les débouchés des Alpes, soit dans le bassin de la Durance, par Embrun et Gap, soit en dessous de Grenoble sur les deux rives de l'Isère, jusqu'à Saint-Gervais, soit enfin jusqu'auprès de Lyon, sur les collines calcaires de la Verpilière et de Crémieu. Tout le plateau jurassique qui forme la pointe nord du département de l'Isère n'est qu'une vaste surface polie et striée, encore en grande partie recouverte par les amas de débris erratiques (2).

Les niveaux auxquels se rencontrent ces derniers sont nécessairement inférieurs à ceux qui atteignent les blocs erratiques épars. Dans le Bas-Dauphiné, on trouve des amas étendus de ces débris au point le plus élevé de la route de Grenoble à Lyon, sur le plateau d'Éclose à 550 mètres environ; cette altitude est bien supé-

(1) *Bull.*, 2e sér., t. IX, p. 429.
(2) *Bull.*, 2e sér., t. IX, p. 49.

rieure à celle des points les plus élevés du plateau calcaire de Crémieu (444 mètres).

Le transport des débris erratiques a eu lieu par-dessus tous les terrains, jusques et y compris les alluvions anciennes. Quand celles-ci formaient déjà des poudingues solides, comme à Embrun, elles ont été simplement rabotées et polies par le passage de la masse erratique ; mais le plus souvent ces nappes diluviennes étaient meubles ou à peine cimentées ; et alors, quel que soit le mode de transport que l'on admette pour les débris erratiques, soit un fleuve de boue épaisse, soit un glacier, on doit, ce me semble, supposer que ces dépôts meubles quaternaires ont été labourés profondément, et leurs cailloux roulés ont dû se mélanger avec les débris anguleux de la nouvelle provenance. On peut inférer de là que sur les points où les amas erratiques, à cailloux polis et striés, reposent sur des terrasses d'alluvions anciennes, celles-ci ont dû être remaniées dans toute leur partie supérieure et leurs cailloux roulés mélangés avec les débris erratiques ; et alors il semble y avoir liaison, passage graduel apparent, entre ces deux genres de dépôts, bien distincts cependant d'époque et d'origine. C'est, je crois, de cette manière que l'on peut s'expliquer ce qui s'observe dans les parties supérieures des terrasses d'alluvions anciennes dont nous avons parlé précédemment.

Malgré l'importance des dépôts erratiques considérés dans leur ensemble, ils sont en général trop éparpillés pour qu'on puisse les indiquer nettement sur une carte géologique générale, à l'échelle que nous avons adoptée pour celle-ci : aussi nous ne les avons indiqués que sur quelques points où ils ont beaucoup d'étendue et de puissance, et nous nous proposons de mettre leur distribution en évidence dans des cartes locales plus détaillées.

Alluvions anciennes dans le Bas-Dauphiné. — Nous n'avons considéré plus haut les alluvions anciennes que dans les vallées du massif des Alpes ; mais en dehors des montagnes ces dépôts de la période quaternaire sont extrêmement développés dans le Bas-Dauphiné, surtout dans la partie nord du département de l'Isère. Ils s'y trouvent associés d'une part avec les dépôts erratiques et avec des alluvions plus récentes, de différents âges, où sont remaniés les matériaux de tous les terrains meubles, et d'autre part avec des terrains tertiaires composés, comme nous l'avons vu, de poudingues, de sables, de marnes et de cailloux roulés. Ces terrains tertiaires, antérieurs au creusement des vallées, forment le corps des collines et plateaux du Bas-Dauphiné ; les alluvions anciennes ont rempli de grandes vallées, creusées dans ces terrains ; les dépôts

erratiques ont été dispersés sur la surface des uns et des autres. Mais l'analogie d'aspect qui existe, au premier abord, entre ces trois ordres de formations, leur état meuble ou faiblement cimenté, les remaniements fréquents qui en ont mélangé les divers matériaux, ont donné lieu à des confusions fréquentes. Le mémoire de M. Sc. Gras, communiqué à la Société géologique, le 1er décembre dernier, ne me paraît pas avoir fait disparaître ces incertitudes; si je m'en rapporte aux détails et aux coupes donnés par le savant ingénieur, je suis porté à croire que, dans la première et la plus importante des cinq divisions adoptées par lui, celle qu'il appelle *diluvium inférieur* ou *à cailloux rayés*, il a mêlé et confondu ensemble et les *poudingues tertiaires* et les cailloux roulés des *alluvions anciennes*, et enfin les *amas erratiques* qui *seuls* contiennent des cailloux polis et striés. Malgré les détails précieux que renferme ce travail, je ne saurais adopter aucune des divisions ni des conclusions formulées par l'auteur. Quelques détails suffiront pour montrer, je l'espère, que les alluvions anciennes du Bas-Dauphiné peuvent être envisagées d'une manière beaucoup plus simple et que je crois plus conforme à la réalité.

La plus grande masse d'alluvions quaternaires du Bas-Dauphiné est celle qui a rempli le grand sillon d'érosion que nous avons défini précédemment, la *vallée de la côte Saint-André*, s'étendant de Voiron à Saint-Rambert Le tracé du chemin de fer de Saint-Rambert à Grenoble remonte cette vallée sur toute sa longueur, puis descend dans la vallée actuelle de l'Isère, à Moirans, en coupant les dépôts quaternaires sur une épaisseur d'environ 250 mètres: de nombreuses tranchées, depuis Beaucroissant jusqu'à Moirans, permettent de suivre avec la plus grande netteté les différentes parties de ces dépôts. De Moirans à Voiron, le tracé suit le vallon de la Morge, entre des escarpements formés de nappes de cailloux roulés et de graviers, sans aucun mélange de gros blocs, ni de débris anguleux, ni de cailloux polis et striés; dans ces graviers on a trouvé une dent molaire d'*Elephas primigenius*. Parvenu ainsi de 200 à 280 mètres, près de Voiron, le chemin continue à s'élever en tranchées dans le même dépôt, auquel se mêlent, dans les parties superficielles, quelques gros blocs et des débris anguleux; il vient traverser en tunnel la butte de Criel, où il est facile de reconnaître la structure caractéristique d'un amas erratique, rempli d'ailleurs de cailloux striés. Au-delà de ce point, le tracé circule sur un plateau, souvent dans des tranchées, qui présentent encore les mêmes caractères que les précédentes, et il traverse, à Réaumont, deux petits mamelons de poudingues tertiaires, à cailloux

impressionnés, associés, dans l'un d'eux, à de vraie mollasse; ces petits affleurements tertiaires se distinguent nettement des alluvions anciennes qui les entourent. Puis, en approchant du viaduc de la Fure, le chemin, continuant toujours à s'élever, entre dans un *diluvium* qui montre un mélange de plus en plus abondant de blocs volumineux, de débris anguleux et de cailloux striés; tel est l'état de plus en plus marqué de la partie supérieure du terrain quaternaire au niveau du viaduc de la Fure, à la station de Rives et dans toutes les tranchées suivantes jusqu'à Beaucroissant, au point culminant du tracé.

Toutes les parties profondes de cette coupe appartiennent aux *alluvions anciennes;* les graviers et cailloux roulés qui les composent ont tous éminemment le caractère des débris charriés dans de grands cours d'eau torrentiels; ils ne sont jamais ni *impressionnés*, comme ceux des poudingues tertiaires, ni *striés*, comme ceux des amas erratiques. Toutes les parties supérieures ou superficielles, offrant un mélange de cailloux roulés avec des débris anguleux, de gros blocs et de cailloux striés, sont le résultat du remaniement superficiel des alluvions anciennes, labourées par les phénomènes erratiques et mélangées avec les produits de cette autre phase de la période quaternaire. Des amas erratiques purs surmontent le tout : la butte de Criel et la plus grande partie de la route de Voiron à Saint-Étienne de Crossey en montrent des exemples; mais, comme on l'a vu plus haut, ce genre de dépôt se retrouve indifféremment sur tous les terrains et à des niveaux bien plus élevés que celui des alluvions anciennes de Beaucroissant.

A l'O. de Rives, à partir de la ligne qui joint Beaucroissant et Apprieu, commence la plaine en pente régulière, qui s'étend jusqu'à la vallée du Rhône. Sa partie la plus élevée, entre Beaucroissant et le Grand-Lemps, s'appelle *plaine de Bièvre;* son niveau moyen est environ 450 mètres. Il est facile de raccorder par la pensée cette plaine d'alluvions anciennes avec les terrasses d'Eybens et de Champagnier, près Grenoble, où confluent, comme nous l'avons vu plus haut, les alluvions anciennes de la vallée de l'Isère et celles du bassin du Drac; on peut ainsi regarder la vallée de la côte Saint-André comme le premier et principal débouché par lequel les débris roulés de tout le bassin géographique de l'Isère ont été transportés dans la vallée du Rhône.

Les parties supérieures de cette vallée, la plaine de Bièvre et la plaine de la côte Saint-André, qui lui fait suite, présentent un sol de sable et d'argile rougeâtre, mêlé de graviers et de galets siliceux, entièrement dépourvu de calcaire. Ce sol, très perméable et très

aride, où les eaux pluviales s'infiltrent rapidement à une grande profondeur, est évidemment le résultat du remaniement superficiel des dépôts quaternaires, de leur altération par les infiltrations pluviales qui en ont dissous toutes les parties calcaires. C'est un fait d'une importance capitale au point de vue agricole; mais je ne crois pas qu'il y ait lieu de voir dans cette nappe superficielle le produit d'une époque géologique distincte, comme semble l'admettre M. Sc. Gras, qui la désigne sous le nom de *lehm récent*. Plus loin, les eaux absorbées par ces plaines ressortent en sources volumineuses, près de Beaurepaire, et arrosent d'une manière permanente un bassin creusé par elles, dans l'épaisseur de l'alluvion ancienne; ce bassin s'appelle la *Valloire*. Le sol de cette plaine a été complétement remanié et formé à nouveau par les cours d'eau qui la sillonnent encore : aussi l'avons-nous rapporté sur la carte aux alluvions modernes.

La vallée actuelle de l'Isère, au-dessous de Moirans, ne paraît pas avoir été creusée dès le commencement de la période quaternaire; elle l'a été, je pense, par un courant dérivé, secondaire, durant le temps où le courant principal entassait ses alluvions dans la vallée de la côte Saint-André, jusqu'à l'altitude de 450 mètres et sur une épaisseur d'au moins 250 (différence de niveau entre Moirans et la plaine de la Bièvre). Je suppose qu'il existait alors entre Tullins et Saint-Quentin un barrage élevé, formé par la mollasse, et par-dessus lequel se déversait une partie du courant principal ; il sera arrivé un moment où le canal d'érosion, creusé par cette dérivation, est devenu capable de recevoir le courant principal et moins élevé que le lit, constamment exhaussé, de celui-ci ; le barrage a été emporté, et les eaux ont abandonné pour toujours la vallée de la côte Saint-André, pour entasser dès lors leurs alluvions dans celle de Saint-Marcellin.

La vallée de l'Isère, dans cette partie, présente plusieurs terrasses étagées, dont la plus élevée porte la ville de Saint-Marcellin (287 mètres); elles sont parfaitement décrites dans le mémoire de M. Sc. Gras (*Bull.*, 2e sér., t. XIV, p. 223). Ces terrasses indiquent un approfondissement successif de la vallée pendant la période quaternaire, approfondissement qui continue encore aujourd'hui, dans les gorges où l'Isère est encaissée, à partir de Saint-Gervais. La terrasse d'alluvions anciennes de Saint-Marcellin est à 130 mètres environ au-dessus du niveau de l'Isère, au pont de Beauvoir.

Les alluvions anciennes de cette vallée, plus récentes que celles de la plaine de Bièvre, me paraissent cependant encore antérieures

aux phénomènes erratiques; mais dans leurs parties supérieures elles sont remaniées et mêlées de gros blocs, comme celles des tranchées du chemin de fer, près de Rives ; et, comme souvent elles n'ont qu'une faible épaisseur au-dessus du fond de mollasse qui les supporte, ce remaniement peut souvent les avoir affectées sur toute leur hauteur. Mais sur divers points, par exemple à Saint-Gervais, on trouve des *amas erratiques* purs, à cailloux striés, reposant sur des roches polies et striées et à des niveaux supérieurs de quelques mètres seulement aux alluvions actuelles, sur des points où, évidemment, ces amas eussent été balayés et les stries effacées par les courants qui ont formé les alluvions anciennes. Tout concourt, on le voit, pour établir que les phénomènes erratiques n'appartiennent qu'à la dernière partie de la période quaternaire (1).

Alluvions anciennes dans la vallée du Rhône. — Les terrains quaternaires, dans la vallée du Rhône, présentent des formations très diverses et de différents âges, qui conduisent d'ailleurs aux mêmes conclusions générales que celles dont nous venons de nous occuper. A Lyon même, de très belles coupes de ce terrain ont été étudiées et décrites par MM. Élie de Beaumont, Fournet, Leymerie, Collomb, et en dernier lieu par M. Sc. Gras, dans son récent mémoire. Cependant, comme il existe beaucoup de désaccord dans les classifications adoptées par ces divers géologues, je crois devoir indiquer en peu de mots celle que je crois pouvoir suivre. Je rapporterais au début de la période quaternaire, à l'époque du creusement des vallées, le *conglomérat local de cailloux lyonnais* signalé par MM. Fournet et Leymerie. Aux grandes alluvions anciennes des vallées alpines, au *diluvium alpin* à *Elephas*

(1) La coupe *fig.* 4 (dans laquelle l'échelle des hauteurs est décuple de celle des distances horizontales) peut servir à montrer les dispositions relatives des terrains du Bas-Dauphiné : la mollasse M et les poudingues à cailloux impressionnés P, avec les marnes et les lignites qui y sont intercalés; le terrain tertiaire supérieur T, terrain de transport ancien des plateaux, antérieur au creusement des vallées et au dernier soulèvement des Alpes orientales; les alluvions quaternaires A', du bassin de la Côte-Saint-André, premier débouché des cailloux roulés des Alpes dauphinoises; les alluvions quaternaires A'' de la vallée de l'Isère, postérieures aux précédentes, mais antérieures aux phénomènes erratiques ; enfin les alluvions anciennes remaniées A'r, qui forment le sol superficiel des plaines de la Côte-Saint-André, etc. Comparez cette coupe avec les fig. 2 et 7 du mémoire de M. Sc. Gras, *Bull.*, 2e sér., t. XIV, pl. 3.

primigenius, que nous avons décrit, par exemple, entre Moirans et Voiron, j'assimilerais les nappes de cailloux roulés, dont on voit de très belles coupes, soit sur le bord de la Saône, aux *Étroits*, où il recouvre le précédent, soit sur le bord du Rhône, en montant du faubourg Saint-Clair au fort Montessuy, ou en suivant la route de Genève. On sait que ce dépôt, qui a plus de 100 mètres d'épaisseur, renferme des ossements d'éléphants et, ce qui est bien remarquable aussi, des débris de coquilles marines, qui y ont été découverts par M. Jourdan. De quelque manière qu'on puisse expliquer la présence de ces derniers, l'âge du terrain en question ne me semble pas douteux; je crois qu'on ne peut le confondre ni avec les poudingues tertiaires à cailloux impressionnés, ni avec le terrain tertiaire supérieur, terrain de transport ancien des plateaux du Bas-Dauphiné et du nord de la Bresse; ni enfin avec les amas erratiques à cailloux striés et débris anguleux. De même que les alluvions anciennes de la plaine de Bièvre, il est remanié à sa partie supérieure et mélangé alors avec les blocs erratiques et les cailloux striés ou les débris anguleux de roches alpines, sur les plateaux de la Croix-Rousse, de Caluire, etc.; mais ce remaniement, comme nous l'avons vu, est le fait d'une époque postérieure.

Au-dessus du *diluvium alpin* à *Elephas primigenius*, de ces grandes falaises de cailloux roulés que nous venons de considérer, la vallée du Rhône présente un autre dépôt d'alluvion ancienne, bien différent, qui peut être complétement assimilé au *lehm* de la vallée du Rhin; c'est la *terre à pisé* des plateaux des environs de Lyon. Ce dépôt se remarque sur toutes les hauteurs qui dominent la ville, et il paraît se prolonger au nord sur toute la surface de la grande vallée de la Bresse. C'est un limon fin, argilo-sableux, jaunâtre, tantôt assez riche en calcaire et même cimenté irrégulièrement par du carbonate de chaux, d'autres fois pauvre en calcaire, comme c'est le cas ordinaire sur les plateaux bressans. On y trouve beaucoup de petites coquilles terrestres ou fluviatiles, des concrétions calcaires blanchâtres, etc., comme dans le *lehm* de la vallée du Rhin, quelquefois aussi des ossements de mammifères. Il repose tantôt directement sur des roches anciennes, tantôt sur les terrasses d'alluvions anciennes. Les blocs erratiques y sont souvent enfouis ou mêlés avec lui : cependant ils paraissent être d'une époque plus récente, et je crois que ce mélange est encore le résultat d'un remaniement, à la fin de la période quaternaire, ou même pendant la période actuelle.

Au-dessous de Lyon, la terrasse qui s'étend entre Saint-Fons et

Sérézin et qui supporte le village de Solaize présente la même coupe que les falaises du faubourg Saint-Clair. A sa base on aperçoit la mollasse marine, exploitée dans les carrières de Saint-Fons et se montrant encore au delà de Feyzin. Au-dessus, vient une grande épaisseur de nappes de cailloux roulés, qui sont en discordance manifeste avec la mollasse, comme l'a établi depuis longtemps M. Élie de Beaumont (*Ann. des sc. nat.*, t. XIX, p. 26); mais ce terrain ne me semble avoir aucun des caractères des poudinges tertiaires de Voreppe, de la Tour-du-Pin, etc.; et je crois qu'il faut l'assimiler complétement aux alluvions anciennes des vallées alpines. Enfin le plateau de Solaize (245 mètres) est recouvert d'une nappe très épaisse de *lehm* fin, jaunâtre, sur lequel sont dispersés quelques blocs erratiques.

Plus bas, nous retrouvons plusieurs terrasses analogues entre Vienne et Saint-Vallier; en face de cette dernière ville, le *lehm* se rencontre, sur le haut des falaises granitiques, à 350 mètres environ et il renferme des ossements de mammifères. Plus bas encore, en face de Valence, ce même *lehm* revêt le flanc occidental de la montagne de Crussol, où Société géologique a pu l'étudier, dans sa réunion à Valence, en 1854 (*Bull.*, 2e sér., t. XI, p. 727).

Ces détails me semblent de nature à établir que le *lehm* de la vallée du Rhône est bien une formation quaternaire distincte, postérieure aux grandes alluvions anciennes ou *diluvium alpin*, mais antérieure aux dépôts erratiques, et indépendante des uns et des autres.

Au-dessous de Valence, la rive gauche du Rhône offre encore des exemples nombreux de terrasses d'alluvions anciennes très élevées au-dessus du cours actuel du fleuve. Telles sont les terrasses de Fontlauzier (*Bull.*, 2e sér., t. XI, p. 732), celles d'Étoile, de Montélimar, etc.; et à des niveaux plus bas, des plaines d'alluvions de différents âges, jusqu'à celles de l'époque actuelle. Ces dépôts successifs étant le résultat du remaniement des dépôts quaternaires plus anciens, il est assez difficile, je crois, d'établir d'une manière précise une délimitation entre ceux qui appartiennent à la période actuelle et ceux des périodes précédentes. La même incertitude existe pour les divers gradins d'alluvions anciennes remaniées qui forment les *plaines lyonnaises* entre Lyon et Bourgoin.

L'époque des phénomènes erratiques établit assurément une limite tranchée, au point de vue théorique, entre la période des alluvions anciennes et la période actuelle; c'est un état de choses tout particulier, entre deux autres qui se ressemblent beaucoup. Mais en pratique il n'est pas toujours facile de tracer une limite

nette entre les dépôts de ces différents âges. Nous avons vu les parties supérieures des terrasses d'alluvions anciennes remaniées avec les cailloux striés et les blocs erratiques, et nous pensons que cela s'est fait dès l'époque de l'arrivée de ceux-ci. D'autre part, quelque hypothèse que l'on fasse sur le transport des matériaux erratiques, qu'on encombre les vallées alpines de boues ou de glaciers, on est forcé d'admettre une époque de transition entre cet état de choses supposé et le régime actuel. Le creusement des vallées actuelles au sein des alluvions anciennes, le remaniement des éléments de celles-ci et des dépôts erratiques avec de nouveaux matériaux, tels ont dû être les phénomènes de cette époque intermédiaire. Les cours d'eau ont dû avoir alors un régime sensiblement différent du régime actuel; il a pu se former des dépôts d'alluvions qui ne sont plus en voie de s'accroître aujourd'hui, et sur lesquels les rivières actuelles ne peuvent plus s'étendre dans leurs plus grands débordements. Beaucoup de grandes plaines du bassin du Rhône, intermédiaires de niveau entre les alluvions actuelles et les terrasses d'alluvions anciennes, pourraient être considérées, ce me semble, comme les produits de ce régime de transition entre l'époque erratique et la période actuelle. Telles seraient, par exemple, les *plaines lyonnaises*, entre Lyon et Bourgoin, élevées d'environ 20 mètres au-dessus des alluvions actuelles du Rhône, au bord desquelles elles forment des berges très prononcées; des terrasses d'alluvions anciennes, découpées par des cours d'eau qui n'existent plus, dominent encore ces plaines d'environ 50 mètres. Mais ces plaines elles-mêmes et aussi celles de Valence, de Montélimar et autres, présentent toujours plusieurs gradins étagés, et l'on ne peut guère établir que d'une manière un peu arbitraire une limite entre les alluvions *modernes* et les alluvions ou remaniements qui datent de la fin de la période quaternaire. Sur notre carte, nous avons étendu la teinte des *alluvions modernes* à plusieurs de ces plaines étagées, peu élevées au-dessus des alluvions encore submersibles.

Dans les vallées alpines, on rencontre un grand nombre de *lits de déjections*, formés par des torrents qui ne déposent presque plus rien aujourd'hui, ou sont même réduits à l'état de simples ruisseaux, habituellement limpides. MM. Surell et Sc. Gras ont décrit ces lits de déjections de torrents éteints (1), sur lesquels sont bâtis la plupart des villages de la vallée de l'Isère, en amont et

(1) Surell, *Études sur les torrents des Hautes-Alpes*, Paris, 1841. — Sc. Gras, *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère*, 1re sér., t. IV.

en aval de Grenoble, et ceux de la vallée de la Durance, aux environs d'Embrun. Mais, lors même que les torrents qui les ont formés ont cessé de les accroître. de temps immémorial, l'inspection des lieux montre qu'ils ont coulé dans des conditions toutes semblables à celles des torrents actuels, et que la configuration des vallées était déjà exactement ce qu'elle est aujourd'hui. Ce sont donc des dépôts appartenant à la période actuelle, dans le sens où l'on prend ordinairement cette expression en géologie.

Je ne dirai rien de plus sur ces dépôts, ni sur les autres formations de la période actuelle, qui donneraient lieu à beaucoup d'observations intéressantes, mais dont le détail m'entraînerait fort loin du but que je me suis proposé dans cette notice et dans l'essai de carte géologique auquel elle a rapport.

Le secrétaire lit l'extrait suivant d'une lettre adressée à M. d'Archiac par M. Paul de Rouville :

Une course dans les environs de Saint-Affrique (Aveyron) où j'ai profité du concours éclairé et des résultats acquis de M. Reynès, ex-pharmacien aide-major, comme aussi des observations de M. Parran, ingénieur des mines (*Note sur les formations secondaires des environs de Saint-Affrique* (*Aveyron*), *Ann. des Mines*, 1857), m'a donné l'occasion de constater dans le terrain de trias deux horizons bien nettement dessinés qui se prolongent d'une manière uniforme jusque dans le cœur du département de l'Hérault, aux environs de Clermont-l'Hérault et de Lodève. Les schistes à impressions végétales decette dernière localité ont attiré depuis longtemps l'attention des géologues (MM. Dufrénoy, Brongniart, Marcel de Serres, Coquand); cependant il ne me semble pas qu'on ait réussi encore à reconnaître et à caractériser d'une manière nette l'ensemble du terrain dont ils font partie. M. Dufrénoy y a signalé tout ensemble les *marnes irisées* et les *grès bigarrés*, mais sans les délimiter d'une manière suffisante (*Expl. de la carte géologique de la France*, t. II, p. 144). M. Marcel de Serres décrit les *marnes irisées*, admet la présence du *muschelkalk*, et rapporte, non sans quelque doute, l'étage inférieur au *grès bigarré* (*Compt. rend. de l'Institut*, t. XXXVII, p. 504); enfin M. Coquand, dans une course rapide qui n'avait d'autre but que d'étudier les couches permiennes, ne parle que du *grès bigarré*, sans tenir compte de l'étage du keuper, dont il est amené par de fausses indications locales à assimiler les

grès supérieurs avec les grès houillers (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. XII, p. 147). La même indétermination se retrouve à l'occasion du trias de Saint-Affrique. M. Dufrénoy n'y décrit guère que les marnes irisées, ne signalant les grès bigarrés qu'aux environs de Belmont (*Exp. de la carte géol.*, t. II, p. 146). M. Parran (*loc. cit.*) élève des doutes sur l'horizon de ces derniers, et inclinerait à les rapprocher des couches permiennes des environs de Rhodez, de Neffiez et de Lodève.

De tous ces documents incomplets ou sans affirmation bien positive résulte sur les horizons de notre trias une sorte de vague que je voudrais essayer de faire disparaître.

Il me paraît incontestable, d'après mes observations et celles de M. Reynès, que nous possédons à Saint-Affrique les *marnes irisées* et les *grès bigarrés* : les premières, caractérisées par des couches de grès, de dolomies, de marnes bigarrées et des gisements de gypse exploitable ; les secondes, par un système très puissant de couches schisteuses d'une couleur rouge uniforme rappelant les grès rouges dits monochromes que M. Fournet cite dans la région du canal du centre (*Mém. de l'Acad. imp. de Lyon*, t. VI, p. 30); ces couches schisteuses contiennent des impressions de Calamites rencontrées par M. Reynès à leur affleurement près de Montagnol, et n'offrent aucune intercalation de grès quartzeux à gros élément ni de gypse. Ces deux membres du trias se distinguent l'un de l'autre par les caractères généraux de leur composition et par leur indépendance au point de vue du développement géographique, indépendance caractérisée aux points de contact par une différence d'inclinaison du grès bigarré qui équivaut à une discordance de stratification (Saint-Affrique, route de Vabres) très bien rendue dans une des coupes de M. Parran.

Les marnes irisées disparaissent un moment sous le lias au-dessus de Laval (Aveyron) et reparaissent bientôt après pour se prolonger dans le département de l'Hérault par le col de Notre-Dame au-dessus de Ceilhes, et continuent sans s'interrompre jusqu'à Lodève; elles reposent sur les calcaires et sur les schistes de transition de la Siffrerie et d'Avesne et sur les granites du Mendic et de Vernazobres, jusqu'auprès de Lunas; là elles laissent apparaître au jour et affleurer au-dessous d'elles avec leur caractère monochrome les grès bigarrés, qui se prolongent par Dio, Valquières, jusque sur les bords de la rivière de Lodève où M. Dufrénoy les signale (*loc. cit.*, p. 144).

Dans tout ce parcours, les marnes irisées constituent le sous-sol de la formation jurassique et forment au-dessous de ses abruptes

des talus plus ou moins épais dont les couleurs nuancées et les pentes douces contrastent aussi bien avec la roche liasique blanchâtre qu'avec les schistes à couleur rouge qui occupent tout l'espace compris entre Lodève et Clermont-l'Hérault. On retrouve près de cette dernière localité un îlot de calcaire jurassique et avec lui les marnes irisées qu'on peut appeler ses fidèles compagnes. Les schistes rouges échappent pour ainsi dire aux roches jurassiques et au keuper pour se développer librement dans le bassin d'Octon, de Salase, etc... ils y affectent des formes orographiques très accentuées par leurs arêtes vives, leurs plateaux plus ou moins étendus, à pentes rapides, qui rappellent de vrais bastions. Le nom de *ruff* qu'ils portent dans la contrée les distingue dans le langage du pays du *cistre* ou marnes irisées avec la même netteté que leur relief même. L'observation vulgaire a en outre confirmé le résultat de l'observation scientifique touchant l'absence du gypse dans le *ruff*. Les marnes irisées, au contraire, en présentent dans toute leur étendue (Saint-Affrique, Roubinae, Saint-Martin-des-Combes, Clermont-l'Hérault). La présence des couches permiennes à la tuilière de Lodève, leur superposition immédiate sur les phyllades et sur les gneiss, leur recouvrement par les schistes monochromes qui se distinguent d'elles par le brusque contraste de leur coloration, ne permettent pas de douter de l'horizon de ces derniers et de leur parallélisme avec le *Buntersandstein*. M. Parran (*loc. cit.*, p. 96) signale des débris fort rares de sauriens et de poissons et des coprolites dans des couches de ses grès et schistes rouges, sans indiquer de localité ; ces fossiles qui rappellent ceux du lit de la Lène près Neffiez pourraient bien révéler dans l'Aveyron un nouvel affleurement du *permien* sans compromettre en rien l'autonomie du grès bigarré.

Si les marnes irisées se distinguent nettement de l'étage triasique inférieur, leur limite supérieure ne se présente pas avec la même clarté : nous pouvons aujourd'hui encore répéter ce qu'Alexandre Brongniart disait en 1829 : « Le lias proprement dit s'étend jusqu'aux marnes bigarrées ou keuper et n'en est pas nettement séparé. » (*Tableau des terrains*, p. 234). De puissantes assises de grès exploitées pour pierres de taille sur une foule de points (Saint-Affrique, Fonbine, route de Lodève à Soubès) couronnent d'une manière à peu près constante depuis Saint-Affrique jusqu'à Lodève les talus de marnes irisées et forment au-dessus d'elles une sorte de corniche qui produit souvent des effets pittoresques (Balairac, Grammont près Lodève). Ces grès supportent à leur tour un système de couches atteignant jusqu'à 25 ou 30 mètres

d'épaisseur, composé de calcaires tuffacés ou scoriacés (Joncels, Fozières, Lunas) à texture grésique, se délitant en plaquettes sonores et alternant avec des marnes plus faiblement irisées que les marnes inférieures; on y remarque une exploitation de gypse à Joncels. Ce système des couches contraste par les ondulations de son relief avec les abrupts massifs de calcaire jurassique qui les surmontent. Il n'est en quelque sorte que le développement de certaines assises calcaréo-marneuses jaunâtres qui se retrouvent partout avec des épaisseurs diverses entre le calcaire jurassique et les grès du keuper et qui contiennent du gypse de Saint-Affrique. Ces couches, que je pourrais rapprocher de celles signalées dans la Corrèze (*Hist. des prog. de la géol.*, t. VI, p. 509) avec une épaisseur d'environ 20 mètres, à quel terrain faut-il les rapporter? Le calcaire jurassique correspond par tous ses caractères à votre quatrième étage de lias; sa puissance qui n'atteint pas moins de 100 à 150 mètres, son faciès pétrographique, son caractère presque complétement azoïque, rappellent les calcaires analogues de Figeac, inférieurs à l'horizon des Gryphées arquées (*Hist. des progr. de la géol.*, t. VI, p. 509) et mieux encore le calcaire constaté par M. Kœchlin sur les bords du Lot (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XI, p. 610), lequel, à cause de l'absence bien constatée de la *Gryphæa arcuata*, je me permettrai, avec M. Fournet (*Acad. imp. de Lyon*, t. VI, p. 93), de distraire de votre troisième étage pour le ranger dans le *white-lias*, l'infra-lias de MM. Leymerie et Dumas; il occupe de vastes surfaces aux limites de l'Aveyron et de l'Hérault. L'esquisse géologique de l'arrondissement de Saint-Affrique que nous préparons avec M. Reynès rendra cette extension plus sensible. La lecture du 6e volume de l'*Hist. des progr. de la géol.* m'eût porté à faire avec M. Parran (*loc. cit.*, p. 99) du grès et du système de couches qui le recouvre l'horizon du grès infra-liasique; mais la présence dans ce même grès de très belles tiges de Calamites (métairie Coustaing, près Lodève), la présence aussi de traces de pas qui rappelleraient assez bien à première vue ceux du Labyrinthodon (Fozières), objets recueillis par les soins de MM. Hugounenq, Melet et Calvet (de Lodève) et que je me réserve de décrire avec leur autorisation, ne me permettent pas de les séparer du keuper. J'ajoute que la présence du gypse me paraît confirmer cette manière de voir. M. Émilien Dumas, contrairement à l'opinion émise par M. Dufrénoy, a reconnu que toutes les couches de gypse exploitées dans le Gard appartiennent au *trias*; j'ai eu l'occasion de vérifier moi-même ce résultat pour un grand nombre d'entre elles; à part les régions pyrénéenne et

alpine dont les altérations ne sauraient compromettre la régularité des couches plus normales disposées partout ailleurs en dehors de ces influences modificatrices, une seule localité présenterait le gypse dans le quatrième étage du lias : c'est celle de Neffiez, signalée par M. Fournet ; et encore M. Fournet s'exprime-t-il à propos de cette couche dans les termes suivants : « *Infra-lias :* » système remarquable à cause de la présence du gypse dans les » argiles schisteuses de sa partie supérieure ; cependant cette ex- » ception ne nous a pas paru de nature à motiver un autre arran- » gement, bien qu'il puisse être contesté, et dans ce cas tout se » réduirait à changer le titre d'infra-lias en celui de keuper su- » périeur. » (*Acad. de Lyon*, t. VI, p. 70.) Je crois être autorisé à dire que M. Graff incline présentement à n'y voir que le keuper ; n'est-il pas naturel de reculer devant une exception à introduire dans les résultats généraux de notre géologie méridionale, et de se laisser entraîner à maintenir cet horizon de gypse dans les marnes irisées, malgré ce que peut avoir de logique et de rationnel un développement accidentellement plus considérable d'une substance dont nous trouvons les traces dans les marnes du lias moyen et supérieur (*marlstone* et *upper lias*) ?

J'expose les difficultés avec la même liberté que je le fais pour les résultats moins contestables ; je les recommande à l'attention des géologues ; je dirai encore, en passant, que M. Émilien Dumas me paraît avoir eu raison d'identifier avec le keuper le représentant du trias du Gard. Je ne me rappelle pas y avoir rencontré nulle part les schistes monochromes de Saint-Affrique et de Lodève.

J'ajouterai à cette communication quelques mots sur les terrains permien et de transition de Lodève et de ses environs. Comme le dit M. Coquand (*loc. cit.*, p. 142) et comme le porte la *Carte géologique de la France*, dont nos recherches de détails ne font que faire ressortir l'admirable ensemble, Lodève est bâtie sur un îlot de terrain de transition composé de schistes luisants plus ou moins compactes et de calcaires (la Liourède) ; on y trouve aussi du gneiss (Croix-de-Fignols, Grammont) ; en montant à la tuilière on remarque, dans l'épaisseur des schistes, des couches affectant la forme de poudingues qui diffèrent entièrement des conglomérats que M. Coquand signale plus haut à la base du terrain permien, et que j'ai retrouvés avec un développement bien autrement considérable sous le village de Loumont, immédiatement et sans traces de couches dolomitiques au-dessous des ardoises à *Walchia* qu'on y exploitait autrefois ; les couches bréchiformes du terrain de transition se retrouvent dans le lit de l'Ergue qui traverse

Lodève ; elles m'y semblent avoir été confondues par M. Coquand avec les poudingues permiens ; cette fausse assimilation lui aurait fait supposer une faille (*Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. II, p. 128, pl. IV, fig. 5) dont je conteste l'existence ; pour moi, le terrain permien serait tout entier à un même niveau sur la Liourède d'où il s'enfoncerait pas une inclinaison insensible sous les grès bigarrés du mas Arnaud. Vers le nord de Fozières, à Loumont, les schistes de transition et les ardoises permiennes sont recouverts par les grès du keuper dont les traces de Calamites et les empreintes charbonneuses ont bien pu faire supposer l'existence de la houille aux personnes qui ont induit M. Coquand en erreur ; cette supposition était d'autant plus naturelle qu'on a fait à plusieurs reprises des recherches de charbon dans les couches de ce grès. Ces travaux, demeurés sans résultat, ne sont pas les premiers dont le Keuper et d'autres terrains tout aussi étrangers au système carbonifère aient été les objets. (Voy. *Explic. de la carte de géol.*, t. II, p. 58, 129, 314, 342, 575 et *Bullet. de la Soc. de géol.*, session de mai 1846.)

Les schistes permiens ne m'ont pas paru limités à la montagne de la Tuilière ; je crois pouvoir les signaler encore sur une surface, très restreinte il est vrai, mais pourtant, à mon sens, assez bien caractérisée, au-dessous de Saint-Martin d'Orb, au confluent de l'Orb et de la rivière de Lunas, et au-dessus des granites et des schistes de Taillevent. Quelques têtes de couches affleureraient dans le Gravaison et seraient bientôt recouvertes par les schistes rouges ou grès bigarrés (*ruff*) de Caunas, qui supportent les grès et et les marnes de Cougouilles, surmontés eux-mêmes par l'abrupt jurassique. Les marnes irisées présentent, à Caunas comme à Saint-Affrique, une couche inférieure de grès, seulement ici plus compacte et moins caillouteux qu'à Saint-Affrique ; cette couche n'est pas constante ; elle est remplacée à Ceilhes et près d'Avesne par un conglomérat calcaire imprégné de baryte et de cuivre sous l'influence de phénomènes ignés, dont je trouverai une autre fois l'occasion de parler. L'assise inférieure de grès se représente sur quelques points du bassin d'Octon, dans le voisinage des marnes irisées (la Valette) ; enfin, ces mêmes têtes de couches permiennes butent sur les bords du Gravaison et de l'Orb contre un conglomérat calcaire rouge très puissant, que traverse le chemin de fer de Béziers à Graissessac et qui forment le revêtement méridional de la montagne houillère du Bousquet d'Orb, de Saint-Martin, de Frangouille et de Senegra ; ce conglomérat est d'autant plus grossier qu'il se rapproche des schistes et

des quartzites de transition, et se prolonge jusqu'à l'Aïre-Raymond. M. Graff a pressenti, il y a plusieurs années, qu'il pourrait bien être le représentant du *grès rouge* inférieur au zechstein, dont les ardoises à *Walchia* occupent l'horizon ; les superpositions que je viens de signaler confirmeraient ce pressentiment ; ce même *grès rouge* se trouverait encore à Neffiez, sous une autre forme, avec une épaisseur de 22 mètres (*Acad. imp. de Lyon*, t. VI, p. 104).

Je me résume, et je conclus que de Saint-Affrique à Clermont-l'Hérault il est possible de reconnaître la série de terrains suivante :

Quatrième étage du lias (*white lias*, calcaire à *apparence de muschelkalk* de M. Fournet) (*Acad. de Lyon*, t. VI, p. 38), Saint-Affrique, Ceilhes, Lodève.

Keuper (marnes à gypses, dolomies et grès. Saint-Affrique, Saint-Martin des Combes, la Valette, Lodève, Clermont-l'Hérault),

Grès bigarré (schistes rouges monochromes. Saint-Affrique, Dio, Lodève, Octon).

Zechstein (schistes à *Walchia*. Lodève, lit de l'Orb sous Saint-Martin, Taillevent).

Grès rouge (conglomérat calcaire rouge, mas de la Tour, Aïre-Raymond).

Terrain houiller (Bousquet d'Orb, Senegra...)

Schistes et calcaires de transition avec porphyres et granites (Avesnes, Ceilhec).

Je n'ai pas parlé du groupe oolithique inférieur si remarquable à Roquefort et si bien décrit par M. Parran, ni de l'*upper lias*, ni du *marlstone* si développés depuis l'Aveyron jusque dans l'Hérault (Tournemère, Saint-Hist, le Clapier, Notre-Dame d'Autignanet) ; ces horizons se présentent avec une netteté qui exclut toute contestation ; il n'en est pas de même du *blue lias* dont les caractères paléontologiques le plus souvent équivoques dans notre région compromettent singulièrement dans le Midi l'importance du rôle qu'il joue dans le Nord sous le nom de *lias* proprement dit, ou de *calcaire à Gryphées*. A toutes ces différentes formations, je dois ajouter celle du basalte qui abonde dans nos contrées méridionales ; moins important qu'on ne l'a souvent dit au point de vue de son action modifiante sur les terrains qu'il traverse, le basalte me paraît, dans la région que je décris, avoir recouvert principalement les grès bigarrés (bassin d'Octon) et le lias blanc (plateau de Lunas), et s'être moins généralement élevé au niveau du plateau oolithique.

La carte géologique du département de l'Hérault, dont le Conseil général vient de nous charger, M. Émilien Dumas et moi, nous permettra de développer davantage cette succession si intéressante de terrains où viendront encore s'intercaler les étages *carbonifère*, *dévonien* et *silurien* de Neffiez.

M. Albert Gaudry fait, au nom de M. de Saussure, la communication suivante :

Description d'un volcan éteint, du Mexique, resté inconnu jusqu'à ce jour; par M. H. de Saussure.

La surface du Mexique offre le spectacle d'un immense pays tout criblé d'orifices par lesquels une incroyable quantité de matières ignées s'est déversée sur son sol, au point de l'ensevelir entièrement sur une étendue de plusieurs centaines de lieues. C'est dans sa partie centrale que les forces volcaniques ont agi avec le plus d'intensité.

Là, faisant irruption par plusieurs centaines,—peut-être même par des milliers de bouches, — elles ont peu à peu vomi du sein de la terre une si grande abondance de matières de toute espèce, que les montagnes primitives du pays ont été littéralement enterrées jusqu'à une hauteur de 7 à 8000 pieds. C'est ainsi que paraît s'être formée cette remarquable partie du Mexique qu'on nomme le *plateau* et dont la surface plane s'étend par-dessus les montagnes de soulèvement. Je reviendrai dans une autre note sur ce phénomène remarquable, que je ne fais ici qu'aborder en passant, pour donner une idée de la nature du pays. De la surface de ce plateau, dont les plaines immenses sont en divers endroits percées par les cimes calcaires des montagnes ensevelies, s'élèvent les innombrables cônes de volcans de toutes grandeurs, déversoirs de cette prodigieuse masse de matières ignées.

Un grand nombre de ces cônes ont atteint une altitude extraordinaire. Ceux-là ont été connus de tout temps, car ils ne pouvaient manquer de frapper les regards des premiers voyageurs; d'autres, moins gigantesques, n'ont pas même attiré l'attention, parce que, écrasés par les colosses qui les entourent, ils paraissent plus insignifiants qu'ils ne le sont en réalité. Plusieurs de ces volcans de second ordre sont plus grands que le Vésuve, plus élevés que l'Etna.

Dans le nombre des volcans gigantesques du Mexique, il en est

cinq qui, atteignant ou dépassant l'élévation du Mont-Blanc, ont leurs cimes couvertes de neiges éternelles : ce sont l'Orizara, le Popocatepetl, l'Itztacihuatl, la Malinche et le Nevado de Tolma. D'autres, non moins étendus et presque aussi élevés, méritent encore de figurer au moins au nombre des volcans de premier ordre. Ce sont : le Coffre de Pérote et le volcan de San Andrès. Ce dernier est inconnu.

Il est bien étonnant qu'une montagne aussi colossale ait jusqu'à ce jour échappé à tous les voyageurs et que les merveilleuses curiosités dont elle offre le spectacle soient restées ignorées des savants et des gens du monde. Plusieurs voyageurs, entre autres Humboldt et Burkhart, ont passé à côté de cette montagne sans l'apercevoir et sans se douter de son existence.

La province de Michoacan, au sein de laquelle s'élève le volcan dont il va être question, quoique située sur le versant occidental de la Cordillère, est cependant aussi volcanique que le plateau, mais elle l'est d'une manière bien différente. Ici, plus de ces plaines à perte de vue, bornées à l'horizon par des collines insignifiantes, mais au contraire une succession de petites montagnes coniques ou arrondies, résultats de cônes ou de pâtés volcaniques plus ou moins méconnaissables, et souvent des lignes de rochers porphyritiques ou trachytiques, violemment déchirés et soulevés.

Le grand volcan de San Andrès est un immense pâté du genre des précédents, mais dont la nature est entièrement spéciale. Cette montagne est située à peu près à 8 ou 10 lieues à l'est de la ville de Morelia, capitale de la province, entre le village de Tajimaroa et le bourg de Zinapecuaro. Les environs de la montagne, à plusieurs lieues de distance, offrent un sol éminemment trachytique, coupé par une multitude de dykes d'obsidienne qui paraissent courir selon diverses directions et dont l'épaisseur est souvent considérable. De nombreuses fissures traversent ce sol trachytique ; par ces fissures il s'est déversé de notables quantités de basalte qui se sont étendues sur le pays en vastes nappes de plusieurs lieues de longueur, et dont quelques-unes sont d'un âge très récent. Enfin, une puissante couche d'argile rouge et jaune, résultant de la décomposition des trachytes et des basaltes, recouvre le sol sur presque toute la surface, et m'a semblé alterner avec des conglomérats d'argile contenant de nombreux cailloux trachytiques, de l'obsidienne et du basalte décomposés. Les dykes d'obsidienne sont ce qu'il y a de plus remarquable dans le terrain de cette contrée. Nulle part je n'en ai vu d'aussi puissants ni d'aussi nom-

breux, et ce phénomène n'est pas très commun au Mexique ; c'est peut-être de tous les phénomènes volcaniques celui qui l'est le moins.

Le pâté de la montagne lui-même est composé d'une roche différente : c'est un trachyte-perlstein, de couleur bleuâtre, ressemblant presque à de la porcelaine et offrant des reflets irisés qui m'avaient d'abord fait penser, bien à tort, qu'il entrait dans sa composition une forte proportion de feldspath labrador. Cette roche est très homogène, opaque, souvent veinée de blanc et de bleuâtre ; mais, à sa surface où elle est scoriacée, elle prend une apparence perlée qui lui a donné son nom. Le trachyte de cette nature, quoique étant intiment lié au trachyte cristallin qui se rencontre sur toute la surface du pays et qui forme la masse principale des plus grands volcans, paraît cependant être une formation particulière et non un simple accident de composition locale. En effet le trachyte perlstein est rare au Mexique ; je ne connais que deux volcans qui en soient composés : c'est le Pizarro et le San Andrès, — et dans ces deux volcans il existe presque d'une manière exclusive. Je n'ai jamais remarqué de transition graduelle du perlstein au trachyte cristallin. Ces deux roches paraissent être dues à des causes différentes et caractérisent probablement deux périodes d'éruptions distinctes et successives. Je crois qu'on doit considérer le perlstein comme une espèce de transition entre le trachyte cristallin et le trachyte vitreux ou l'obsidienne. C'est un trachyte compacte qui, par la fusion de ses éléments, ressemble jusqu'à un certain point à un émail grossier et opaque, tandis qu'un degré de fusion de plus aurait peut-être fait disparaître les éléments qui constituent l'opacité et aurait conduit à l'obsidienne. Le perlstein du Mexique n'est autre que le trachyte cristallin entièrement homogène, réduit à l'état d'une pâte laiteuse sans cristaux. Il est probablement intermédiaire pour l'âge comme pour la structure entre les trachytes cristallins et les obsidiennes. Le volcan de San Andrès est recouvert d'une épaisse couche de terre franche que tapisse une puissante végétation de forêts de chênes et de conifères qui dérobe malheureusement la nature du sol et la rend difficile à suivre. J'ai cependant pu acquérir la conviction que la montagne a la même composition trachytique dans toute son étendue par des failles diverses qui sont remplies par des dykes d'obsidienne noirâtre dont l'épaisseur varie beaucoup. Ce phénomène a naturellement la même origine que les nombreux dykes d'obsidienne des plaines environnantes dont les dimensions sont

souvent considérables sur la route de Zinapegnaro à Maravatillo. En particulier on rencontre, non loin de Jaripeo, un de ces dykes dont l'épaisseur n'a pas moins de 30 à 40 mètres.

Quant à la structure de la montagne, elle ne rappelle en rien celle de tous les autres volcans du Mexique. La forme conique domine chez ces derniers. Elle est même souvent parfaite. Au sommet, ou sur l'un des versants, se trouve le cratère très nettement dessiné et souvent de dimensions colossales. Mais ici l'on ne voit rien de semblable. Le San-Andrès est un grand pâté ou plutôt une réunion de pâtés s'imbriquant les uns sur les autres, de manière à former un vaste ensemble de bosselures, un véritable pays qui s'exhausse par étages jusqu'à une altitude que j'estime à 4500 mètres. Aussi, est-on frappé, en faisant l'ascension de cette immense montagne, de la grande variété de ses diverses parties. Tandis que sur les flancs des autres volcans on monte continuellement et régulièrement depuis le pied jusqu'au sommet, ici, après avoir franchi des pentes roides, on redescend pour remonter encore. On traverse de grandes plaines, de la surface desquelles s'élèvent des collines isolées qui ne ressemblent ni à des cônes volcaniques, ni à des culots d'anciennes coulées. Il est bien difficile de se rendre compte de cette structure d'une manière nette, parce que l'épaisseur et la grandeur de la végétation ne laissent nulle part entrevoir les formes de la montagne, et la vue très bornée dont on jouit ne permet pas de se former la moindre idée de son ensemble. Depuis la plaine on n'aperçoit que ses premiers mamelons, parce qu'elle s'élève par une série d'étages si espacés, que les premières éminences masquent celles qui les dominent. Bref, le San-Andrès a si peu l'apparence d'un volcan, qu'on serait tenté de le prendre pour une simple montagne de soulèvement, sans la lave trachytique qui le compose en entier et qui sert de preuve péremptoire qu'il y a eu en ce lieu un déversement particulier de matières ignées. Du reste, au Mexique, les soulèvements sont toujours nettement caractérisés par d'immenses ruptures qui ont mis à nu de grandes parois de rochers à pic, et ici rien de semblable n'a eu lieu : on ne voit que formes arrondies, pentes douces, toujours chargées d'une puissante couche de terre végétale, comme sur tous les volcans les mieux caractérisés. Seulement, la roche constituante n'a pas l'air de s'être déversée d'un point central et n'est pas disposée en couches.

Par ces raisons, je considère la montagne de San-Andrès, non comme un volcan unique, mais comme l'agglomération d'un grand nombre de volcans. Je suppose que le trachyte a dû faire irruption un grand nombre de fois pour avoir engendré cette ac-

cumulation de montagnes mamelonnées. Il est probable que toutes ces bouches appartenaient à une même faille qui s'étend du S.-O. au N.-E., autant que j'ai pu en juger à travers le rideau de la forêt. Je suppose encore qu'après sa formation la montagne a subi un ou plusieurs bouleversements qui ont détruit les cratères et les formes primitives, pour y substituer cette série de grands monticules, de plaines, de véritables chaînes de montagnes sur la montagne elle-même qui lui ont enlevé son caractère normal. Les nombreuses failles remplies d'injections d'obsidienne sont une preuve péremptoire des dislocations qu'a subies la montagne après le déversement du perlstein; et, du reste, après le cataclysme des obsidiennes, est encore venue cette série de déchirements divers qui caractérisent l'époque basaltique et ces gigantesques dislocations sur lesquelles je reviendrai plus tard et qui ont creusé, à une époque récente, des vallées de plus de 1000 mètres de profondeur dans toute l'étendue du pays. Ces phénomènes de dislocation ont dû avoir une action très puissante sur une partie de ces contrées qui se trouvent criblées d'injections d'obsidienne et de basalte, et qui, par conséquent, ont dû être fissurées et disloquées à toutes les périodes.

Ces grands phénomènes qu'on lit partout au Mexique ne sont cependant pas de nature à devoir faire croire à de nombreux soulèvements. Ces derniers appartiennent, en général, plutôt à une époque ancienne. Les phénomènes récents consistent dans une simple fissuration sans soulèvement, et d'ailleurs les soulèvements sont toujours bien plus étendus : ils portent sur un axe d'une longueur considérable et non sur un seul point local. Et, alors même qu'il n'en serait pas ainsi, l'effet local aurait produit un pic à tranche vive au lieu de cette série de mamelons et de dômes à pentes douces. Tout porte donc bien à croire que le San-Andrès est un volcan défiguré et non pas une montagne de soulèvement, quoiqu'on n'y remarque aucun cratère bien distinct.

Le volcan de San-Andrès deviendra sans doute célèbre par les curiosités naturelles qu'il renferme, et en particulier par les sources chaudes qui jaillissent de son sein et qui rappellent le phénomène si célèbre du Geiser.

Sur une des pentes les plus élevées de la montagne, on quitte subitement les bois pour entrer dans un cirque de rochers blancs dont la surface se délite comme du plâtre. L'absence de végétation jusqu'aux bords de cet amphithéâtre témoigne de la malignité des vapeurs qui s'en échappent et qui déposent le long des rochers des auréoles sulfureuses, nuancées de jaune et de

rouge. Au fond de cet entonnoir est un bassin d'eau bouillante d'une largeur de près de 200 pieds, de la surface de laquelle s'élève une vapeur épaisse fortement sulfureuse. Ce bassin est alimenté par sept ou huit sources souterraines, qui se trahissent à la surface du liquide par un bouillonnement particulier, suite du fort état d'ébullition dans lequel l'une des sources jaillit. Ce bassin n'a aucun écoulement : la forte évaporation de l'eau à une si haute température et à une altitude aussi considérable suffit pour en maintenir le niveau. Cette eau est chargée de vapeurs sulfureuses assez abondantes et elle dépose une assez notable quantité de soufre pour que son exploitation puisse être continuée pendant six mois de l'année. L'hydrogène sulfuré se décompose probablement au contact de l'eau chargée d'air atmosphérique et dépose ainsi des incrustations de soufre natif qui se mêlent à la boue argileuse du fond de l'étang.

Les habitants retirent périodiquement la vase du fond pour en extraire, par la fusion, le soufre qui s'y est déposé et qui sert à la fabrication de la poudre grossière dont les mines du Méchoécan font une grande consommation.

L'eau de la lagune n'est pas transparente, mais grise et opaque ; elle tient en suspension une forte proportion de boue argileuse de couleur grise que je considère comme le résultat de la décomposition chimique du perlstein que l'eau amène peut-être de la profondeur de la terre. Cette espèce de limon se voit sur les bords de l'étang, à une certaine élévation au-dessus du niveau des eaux, ce qui fait supposer que celles-ci ont dû être plus élevées à une époque antérieure. Il paraît, du reste, que les sources ont une intensité variable, car les naturels du pays m'ont affirmé que le niveau de cet étang s'élève et s'abaisse à des époques indéterminées.

J'eus l'occasion de remarquer en ce lieu un phénomène intéressant que je n'ai jamais observé sur les autres volcans. On a construit, dans le voisinage de la lagune bouillante, quelques huttes pour les ouvriers qui exploitent le soufre, et l'on s'est servi pour cela de la terre argileuse du sol façonnée en briques séchées au soleil. Cette terre, qui provient de la décomposition du trachyte, est mêlée de cendres volcaniques, de feldspath ryacolithe et probablement aussi d'albite, et contient beaucoup d'alumine, de potasse, de soude, de sel marin et d'autres éléments encore qui, par suite de la décomposition des silicates, se dégagent facilement. Les vapeurs sulfureuses dont l'atmosphère est chargée, réagissent sur ces substances et les transforment en sulfates divers, particu-

lièrement en alun qui ne tarde pas à tapisser les murailles des maisons en efflorescences cristallines. Peu à peu les briques sont ainsi transpercées de part en part et les maisons s'écroulent périodiquement au bout d'un certain temps.

Non loin de l'amphithéâtre que je viens de décrire, on trouve une vallée qui a peut-être une altitude plus considérable et dans laquelle on ne pénètre que péniblement à travers des forêts d'une grande épaisseur. Cette partie de la montagne est la plus remarquable de toutes : c'est là que le géologue comme le simple curieux rencontrent un des plus étonnants phénomènes de la nature.

Sur un des flancs de la vallée, au milieu de la forêt, on trouve un grand espace, entièrement dépourvu de végétation, où des blocs de rochers, tous également blancs, sont entassés pêle-mêle. Au sommet de cette clairière est un puits d'une largeur de 3 mètres, dont l'orifice est en partie obstrué par des blocs de pierre et par lequel une puissante colonne de vapeur est lancée à plus de 20 mètres de hauteur avec un sifflement horrible. En même temps, il s'échappe des bords du puits un ruisseau d'eau bouillante qui se perd aussitôt dans les pierres et s'enfonce sous terre pour aller peut-être alimenter une autre source de la montagne. Ces eaux sont limpides; elles ne charrient aucune boue à la manière de celles du premier étang, mais elles ont un goût amer, parce qu'elles sont chargées de sels divers. La colonne de vapeur est elle-même chargée de gaz sulfureux dont les dépôts jaunâtres se voient sur les pierres des environs. Sur une étendue de plusieurs centaines de pieds, la terre végétale a été délayée et entraînée par les eaux, et tout l'espace environnant forme et émet de petits jets de vapeur qui s'échappent en sifflant entre les pierres.

Mais le phénomène qui a le plus vivement attiré mon attention a été la quantité considérable de silice que ces eaux charrient et déposent. Tous les blocs de pierre qui couvrent le sol, tous les cailloux sont d'un blanc parfait et tous sont composés de silice hydratée, espèce d'opale opaque et pulvérulente qui est évidemment un dépôt des eaux. Vers le bas de cette plage, on voit des rochers entiers de même composition, et l'on peut suivre la manière dont ils se forment. Leur surface, continuellement baignée par les vapeurs dans lesquelles ils sont immergés, est encore tendre et ressemble à une espèce de pâte qu'il est facile de détacher avec les doigts, sans l'aide d'aucun outil, et de pétrir comme une boule d'argile à modeler. Au-dessous de cette couche est une zone plus pierreuse qui ressemble à du plâtre, puis enfin

on trouve la roche compacte, ayant une cassure subconchoïde, mate, assez semblable à celle de la porcelaine. Je ne sais si le dépôt de cette espèce de silex provient uniquement de l'évaporation des eaux, ou si le simple abaissement de température amène la précipitation de la silice. Il est probable qu'à ces deux causes correspond une manière différente de formation de la roche; enfin, il est probable aussi qu'une certaine quantité de silice pulvérulente est entraînée par la force de la vapeur et retombe à l'état de poussière qui s'agglutine sur la pâte siliceuse dont tout le sol est couvert, et c'est peut-être ainsi que se forme une variété particulière de cette roche d'une nature crayeuse et pulvérulente.

Ce phénomène du dépôt de la silice mériterait d'être étudié avec le plus grand soin, car il joue un rôle immense dans la géologie du Mexique. Les sources siliceuses m'ont paru avoir jailli presque partout où se rencontrent les trachytes, et les dépôts de silice hydratée se voient dans tous les trachytes cristallins, soit en amas, remplissant les cavités de la roche, soit en strates, dont l'épaisseur et l'étendue dépassent tout ce qu'on connaît jusqu'à ce jour. Il est probable que la silice contient certains sels, et cette roche mériterait peut-être un nom particulier. Je la considère comme une opale laiteuse compacte, et je l'ai souvent vue passer par degrés à l'opale enfumée ou hyaline.

On voit par ce qui précède que le volcan de San-Andrès recèle, — si je puis m'exprimer ainsi, — une seconde édition du célèbre Geiser, lequel n'est plus maintenant un phénomène unique. Ici la quantité d'eau est moins considérable, et le jet n'est pas intermittent, mais, à part cela, le phénomène est exactement le même. Je crois cependant que l'eau ne jaillit pas par une véritable source, mais qu'elle est seulement entraînée à l'état de gouttelettes par la seule force du jet de vapeur, et qu'en arrivant près de la surface de la terre, elle se rassemble et s'écoule par le ruisseau. C'est probablement pour cette raison qu'elle n'arrive pas chargée de boue comme la source de la lagune.

Comme je ne découvris le volcan de San-Andrès qu'après avoir subi la perte de mes instruments, il me fut impossible de mesurer la température exacte de cette eau. Le seul thermomètre qui me restât n'allait que jusqu'à 60° R., et à peine l'eus-je plongé dans cette eau dont je croyais la température moins élevée, que le mercure monta jusqu'au sommet et le fit voler en éclats. Je regrette d'autant plus la perte de mes thermomètres que non loin de Guanajuato on voit une source dont la température dépasse

notablement celle de 100°, et qui rend les recherches de ce genre infiniment intéressantes, en portant sur des faits que je crois entièrement nouveaux.

L'espèce de Geiser que je viens de décrire n'est pas unique sur la montagne. Non loin de là (1) on trouve encore une autre source chaude qui jaillit dans un bassin naturel que l'on croirait presque taillé de main d'homme parce que ses bords se sont élevés à une certaine hauteur comme de petites murailles par suite des incrustations siliceuses que l'eau y dépose. Cette source est, du reste, la moins remarquable; elle m'a paru moins chaude que la précédente, et la silice qu'elle dépose est impure. Enfin, toujours dans le même rayon d'une demi-lieue, on trouve un puits qui est comme une espèce d'effondrement de 12 à 15 mètres de longueur sur 4 ou 5 de profondeur. Le fond de ce trou est rempli d'une eau boueuse qui paraît jaillir par deux sources, et qui est en pleine ébullition. On voit son niveau s'élever et s'abaisser, se boursoufler en gouttes d'un pied de hauteur et jeter de tous côtés de fortes éclaboussures à la manière de l'eau d'une marmite bien fermée qu'on ouvre subitement. La vue de ce gouffre, dont le fond est agité par une ébullition d'une violence extraordinaire et dont les parois de terre qui le surplombent menacent de s'ébranler sous les pas des curieux, est un des spectacles les plus effrayants qu'il soit possible de voir. Ici les vapeurs sulfureuses jouent un rôle très minime. Elles ne suffisent même pas à refouler la végétation des sapins environnants, mais les eaux m'ont fait l'effet de miner le terrain et d'agrandir graduellement l'étendue du puits. Il est impossible de dire si la profondeur de ce dernier est bien considérable. Les Indiens qui m'accompagnèrent me soutinrent qu'il est sans fond, mais c'est là l'opinion générale des hommes illettrés sur tous les lacs dont on n'a pas mesuré la profondeur, opinion dont il faut se défier grandement. Toujours est-il que je ne m'explique pas comment le niveau du liquide se maintienne à une hauteur plus ou moins constante, car il semble que la source devrait remplir le puits et le faire déborder; mais il n'en est rien : on ne voit aucune trace de débordement et les abords sont tapissés de mousse. Il faut donc que ce puits ait un écoulement souterrain ou bien que l'ébullition ne soit entretenue que par un

(1) A environ un quart de lieue. Je n'ai pu me rendre compte ni de la direction ni de la distance, parce qu'on marche toujours au milieu des forêts les plus épaisses et les plus impraticables.

jet de vapeur à une haute température qui se condense dans le liquide.

Tels sont les phénomènes remarquables que présente l'ancien volcan de San-Andrès; mais rien n'empêche qu'ils ne soient pas uniques sur cette vaste montagne dont les monts et les vallées sont couverts de forêts impénétrables que les Indiens mêmes de ce pays sont loin d'avoir toutes explorées.

A une lieue au N.-O. de la fabrique de soufre, on descend sur un plateau où se voit un petit lac d'un kilomètre d'étendue, qui doit évidemment son existence à des sources souterraines, car ses eaux, quoique froides, ont le même goût amer que celles des sources chaudes, et les naturels prétendent que le milieu de cette lagune jouit d'une température élevée.

Une autre lagune du même genre se voit à gauche du sentier qui descend à Jaripeo, et dans toutes les parties de la montagne on traverse de grandes clairières unies qui sont probablement le fond d'anciennes lagunes, dont le sol est peut-être trop imprégné de sels divers pour permettre aux forêts d'y végéter.

Il faut, dit-on, trois heures pour se rendre de la fabrique au point culminant de la montagne qui porte le nom de *Cerro grande*, et qui est dépourvue de végétation arborescente; c'est du moins ce que l'on m'a dit, car ce point ne se voit que lorsqu'on l'atteint et je n'y suis point parvenu. On prétend même qu'il est en partie couvert de neiges éternelles; mais les renseignements qu'on peut obtenir des naturels sont si vagues et souvent si mensongers que je ne sais ce qu'on en peut croire.

Tourmenté par des fièvres opiniâtres et me trouvant d'ailleurs au milieu de la saison des pluies, il m'était impossible de faire cette ascension. M. Schleiden, mineur allemand d'un grand mérite, qui a visité ce point, m'a assuré qu'on n'y voyait aucun cratère, et je n'en suis pas étonné, car sur tous les grands volcans trachytiques du Mexique, le cratère est logé bien plus bas que le sommet de la montagne. Il serait intéressant de constater si le *Cerro grande* est composé de trachyte cristallin ou de perlstein. Ce fait n'est pas sans importance, car il pourrait conduire à faire connaître le mode d'origine du San-Andrès. Les rochers contre lesquels s'adosse la fabrique de soufre sont du trachyte cristallin; on en trouve un grand nombre de blocs sur l'élévation qui s'étend entre ce point et les sources de vapeur.

La rive gauche de la plage de notre Geiser (1) paraît tout entière

(1) J'ai recours à ce mot, parce qu'il n'en existe aucun autre pour désigner ce phénomène géologique.

composée de cette roche. On dirait qu'elle s'est épanchée en grande abondance par-dessus le perlstein après l'avoir percé. Il faut donc examiner si le trachyte cristallin est une roche antérieure, contemporaine ou postérieure au perlstein, ou si cette manière d'être du trachyte ne tient qu'à des phénomènes locaux et accidentels. Il ne serait pas impossible qu'ici le perlstein n'eût qu'imparfaitement recouvert le trachyte cristallin que je crois être plus ancien.

Dans cette même partie de la montagne on rencontre beaucoup de cailloux roulés d'obsidienne et de basalte. Ce dernier appartient à l'espèce la plus récente, à celle qui constitue le malpaïs du Jorullo. Ces substances ont évidemment été injectées en dykes et filons à travers les failles de la montagne qui paraissent la traverser de part en part, et s'être remplies jusqu'à son sommet. C'est sans doute à un phénomène du même genre qu'est due l'opinion erronée de Menge (1) qui prétend avoir vu déposer au Geiser d'Islande du basalte et de l'obsidienne. Comme les eaux qui déposent la silice hydratée sont un phénomène intimement lié à l'éruption des trachytes, il n'y a rien que de très naturel à ce que le sol du voisinage du Geiser ait une composition trachytique, qu'il soit de même traversé par des dykes d'obsidienne et de basalte. Menge prétend qu'une source dépose de la lave (obsidienne?), une autre du basalte et une troisième du trapp (2), parce que sans doute les sources s'échappent à travers ces substances. Dans l'une d'elles il trouva un morceau de basalte décomposé qui peut fort bien avoir été détaché du canal et rejeté au dehors. Il n'y a rien là qui puisse motiver la supposition d'un dépôt de basalte fait par les eaux du Geiser.

Lorsqu'un voyageur pourra se fixer pendant un temps un peu considérable sur la montagne de San-Andrès, afin de l'explorer dans tous les sens, je suppose qu'il la trouvera composée en partie ou couverte d'une grande épaisseur de shistes siliceux. Le rôle qu'ont joué les sources minérales au Mexique dans la formation des roches sédimentaires est tout à fait extraordinaire ; et, presque partout où se rencontrent les puissants effets de cette cause, il subsiste en général encore une source de petit volume qu'on doit considérer comme le reste infime d'un phénomène ancien infiniment plus étendu. Cette raison me fait préjuger par analogie et, je crois, avec un assez haut degré de certitude, qu'une grande partie du San-

(1) *Edinb. philosophical Journal*, t. II.
(2) Ce mot *trapp* signifie tout ce que l'on veut.

Andrès est tapissée ou composée de puissants dépôts siliceux dont l'origine est due à l'ancienne existence de nombreuses et puissantes sources du genre de celles qui subsistent encore ou qu'une période récente a vu tarir.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Ébray :

Note sur les Nautiles à cloisons sinueuses, par M. Ébray.

Les étages jurassiques contiennent plusieurs Nautiles dont les espèces se rapprochent beaucoup par leurs cloisons de forme très sinueuse.

Différents géologues se sont occupés de ces Nautiles et sont arrivés à des conclusions contradictoires.

Les céphalopodes étant d'une application fréquente, il importe de s'entendre, autant que les observations actuelles le permettent, sur la distribution de ces fossiles au sein des couches terrestres.

Les espèces dont je vais m'occuper sont :

1° *Nautilus subsinuatus*, Sow.

2° *Nautilus subbiangulatus*, d'Orb.

3° *Nautilus hexagonus*, Sow.

4° Espèce non décrite dans la *Paléontologie française* et qui forme peut-être une espèce nouvelle.

1° *Nautilus subsinuatus*, Sow. — Ce Nautile a un ombilic étroit, des tours arrondis. Si l'on mène une tangente aux selles des cloisons, cette ligne ne passera pas par l'ombilic et se rapprochera de la région buccale.

Cette espèce se rencontre dans le bajocien.

M. Kœchlin-Schlumberger admet que le *Nautilus subsinuatus* (1) ne peut se confondre avec le *Nautilus hexagonus*; mais ce géologue le rapproche du *Nautilus agariticus*. M. Kœchlin est en outre bien près de conclure que le *Nautilus subsinuatus* se reproduit dans le bathonien et le callovien.

Je n'ai pas vu les échantillons qui ont servi de types à la description du *Nautilus agariticus*; mais si les caractères de ce Nautile se rapprochent de ceux du Nautile à cloisons sinueuses que j'ai rencontré dans beaucoup de localités calloviennes, le *Nautilus agariticus* ne pourra se confondre avec le *Nautilus subsinuatus*.

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2e série, t. XIV.

On verra plus loin que l'espèce du callovien, non décrite dans la *Paléontologie*, se distingue assez facilement des autres Nautiles.

2° *Nautilus subbiangulatus*, d'Orb. — Ce Nautile, comme le précédent, a des cloisons très sinueuses ; la tangente aux selles passe en dessus de l'ombilic dans la région buccale ; les tours sont quadrangulaires et le dos est bicaréné. M. d'Orbigny met cette espèce dans le bathonien où il l'a rencontrée à Nantua, Cabanet, Avoise et Fontenay.

Je l'ai aussi rencontrée avec M. d'Orbigny à la Crèche, à la Motte Saint-Héray, avec l'*Ammonites macrocephalus*, l'*A. Heracyi*, l'*A. bullatus*, l'*A. discus*, le *Collyrites analis*, l'*A. arbustigerus* et beaucoup d'autres fossiles de la grande oolithe.

M. Hébert (1) pense que le *Nautilus subbiangulatus* est spécial au callovien.

En effet, le *Nautilus subbiangulatus* se rapproche beaucoup de l'espèce non décrite dans la *Paléontologie française*, et ce n'est pas sans un examen attentif que l'on parvient à discerner les espèces ; mais on verra que ces deux Nautiles diffèrent par la forme des cloisons.

3° *Nautilus hexagonus*. — Par ses cloisons moins sinueuses ce Nautile se distingue facilement de ses congénères.

J'arrive au Nautile qui paraît avoir fait naître les doutes dont je viens de parler. Ce Nautile se rencontre dans les Deux-Sèvres, dans la Vienne, dans le Cher, et dans la Nièvre, au sein des parties les plus inférieures de l'oxfordien (2) et dans les bancs les plus supérieurs du callovien ; il se rapproche par presque tous ces caractères du *Nautilus subbiangulatus ;* le dos est bicaréné, les tours quadrangulaires ; mais, quand on compare avec attention la forme des cloisons des deux Nautiles, on voit que chez le *Nautilus subbiangulatus* la tangente aux sinuosités des cloisons passe en dehors de l'ombilic du côté buccal, tandis que cette même ligne passe à peu près par le centre de l'ombilic chez l'espèce du callovien, qui ne se trouve pas dans la *Paléontologie française*.

Il ressort de ces observations, qui, pour les *Nautilus subsinuatus*, *subbiangulatus*, et *hexagonus*, sont d'accord avec celles du savant auteur de la *Paléontologie française :*

---

(1) *Bulletin de la Société géologique*, 2e série, t. XII.

(2) Je n'ai pas pu vérifier si les individus trouvés dans les bancs les plus inférieurs de l'oxfordien sont simplement remaniés ou s'ils résultent d'une véritable persistance vitale.

1° Que le *Nautilus subsinuatus* est spécial au bajocien ; qu'il diffère du *Nautilus subbiangulatus* et du Nautile à cloisons sinueuses du callovien par son dos rond et ses cloisons échancrées sur le dos ;

2° Que le *Nautilus subbiangulatus* est spécial au bathonien, et diffère du Nautile du callovien par la direction de la tangente aux selles ;

3° Que le *Nautilus* à cloisons sinueuses du callovien n'est ni le *Nautilus subsinuatus*, ni le *Nautilus subbiangulatus*, mais bien une espèce spéciale, jusqu'à présent caractéristique du callovien et qui se distingue du *subsinuatus* par ses tours quadrangulaires et du *subbiangulatus* par la direction de la tangente aux selles.

Cependant, quand on voit les formes des Nautiles à cloisons très sinueuses naître dans le bajocien, acquérir le maximum de développement dans les parties inférieures du callovien, diminuer dans l'oxfordien et disparaître pour toujours dans le corallien, on se demande si cette continuité dans la forme des cloisons, cette disparition subite et définitive ne sont pas les preuves de la continuité d'une espèce primitive, qui par suite des circonstances encore obscures ne se trouve pas à chaque étage modifiée ; on se demande si les espèces, cependant distinctes entre elles par des caractères plus ou moins constants, ne sont point de simples variétés. Mais cette question d'un haut intérêt théorique disparaît dans l'application ; la géologie ne demande à la paléontologie que de lui indiquer les espèces ou les variétés spéciales à un étage ou à une série d'étages.

Séance du 16 *novembre* 1857.

PRÉSIDENCE DE M. DAMOUR.

M. P. Michelot, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

Ramon Cuellar, à Yaguara, province de Neiva (Nouvelle-Grenade), actuellement à Paris, 48, rue Monsieur-le-Prince, présenté par MM. Charles d'Orbigny et Hugard ;

JANNETTAZ, licencié ès sciences, 12, quai de Béthune, à Paris, présenté par MM. Charles d'Orbigny et Hugard;

LE HIR, docteur en médecine, à Morlaix (Finistère), présenté par MM. Michelot et Damour;

Aristides ROJAS, docteur en médecine, membre de l'Académie des sciences naturelles de Philadelphie, à Caracas (république de Venezuela), actuellement à Paris, rue Saint-André-des-Arts, 66, présenté par MM. Charles d'Orbigny et Bayle;

Le vicomte de SECQUEVILLE, rue de Provence, 73, à Paris, présenté par MM. Charles d'Orbigny et Albert Gaudry.

Le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants*, octobre 1857.

De la part de M. Édouard Collomb, *Mémoire sur les glaciers actuels.—Résumé des observations faites sur les glaciers dans ces derniers temps* (extr. des *Annales des mines*, 5e série, t. XI, p. 177), in-8, 47 p., 1 pl.

De la part de M. A. Erdmann :

1° *Om de Jakttagelser öfver Vattenhöjdens och vindarnes förändringar*, etc. (6 mars 1856), in-4, 57 p., 1 carte, 1 pl. Stockholm, 1857; chez P.-A. Norstedt et Söner.

2° *Några ord till belysning af den geologiska Kartan öfver fyris-äns Dalbäcken*, in-8, 48 p. Stockholm, 1857; chez P.-A. Norstedt et Söner.

De la part de sir Roderick J. Murchison, *On the discovery, by M. Robert Simon, of fossils in the uppermost silurian rocks near Lesmahago in Scotland*, etc. (from the *Quart. Journ. of the geol. Soc. of London for Febr.* 1856), in-8, 37 p.

De la part de M. le professeur L. Rütimeyer :

1° *Ueber Encheiziphius, ein neues Cetaceen-Genus*, in-8, 13 p. 3 juin 1857.

2° *Ueber lebende und fossile Schweine* (aus den *Verh. der*

naturf. Ges. in Basel, 1857, Heft IV, p. 517 ff.), in-8, 38 p., 1 pl.

De la part de M. L.-A. Guilbert, *Thèse pour le doctorat en médecine* (23 juillet 1857). — *Études sur les eaux potables, et en partie sur les eaux du Noyonnais*, in-4, 62 p. Paris, 1857; chez Rignoux.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1857, 2e sem., t. XLV, nos 18 et 19.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XIV, nos 80 à 82, août à octobre 1857.

L'*Institut*, nos 1244 et 1245, 1857.

Réforme agricole, no 105, 10e année, septembre 1857.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, no 141.

Bulletin de la Société de l'industrie minérale de Saint-Étienne, t. II, IVe livraison, avril, mai, juin 1857, avec Atlas in-folio.

Proceedings of the royal Society, t. VIII, nos 23 et 24, nov. 1856 à févr. 1857.

The Athenæum, 1857, nos 1567 et 1568.

Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc., par MM. de Leonhard et H.-G. Bronn, 1857, 4e cahier.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, IXe vol., 2e cahier, février, mars, avril 1857.

Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenchaften herausgegeben von dem naturw. Verein in Hamburg, vol. III, 1856, in-4.

Memorias de la R. Academia de ciencias de Madrid, t. IV, 3e série, *Cienc. natur.*, t. II, 2e série.

Revista minera, t. VIII, no 179, 1857.

M. d'Archiac donne lecture de la lettre suivante, adressée à M. de Verneuil par M. Casiano de Prado :

Madrid, 28 octobre 1857.

Une des découvertes que j'ai faites cette année est celle des Bilobites dans le terrain dévonien de la province de Léon, dans deux localités, l'une tout près de la grande route de Léon à Oviedo, une lieue au sud du port de Pajaxes, dans une couche de grès très dur subordonnée à d'autres couches des grès ferrifères et de calcaire

rouge avec quelques-uns des remarquables Trilobites que je vous ai envoyés dernièrement; l'autre à Corniero, près de la rive droite de l'Esla, deux lieues au N. de Sabero.

A présent je dois vous dire que dans ma dernière excursion à la Sierra-Morena, j'ai trouvé des Graptolites dans beaucoup de localités. Une seule m'a offert un fossile caractéristique du silurien supérieur, la *Cardiola interrupta*, mais je crois que toutes appartiennent au même terrain, dont je ne peux séparer à présent le grès à Bilobites, en le plaçant si l'on veut à sa partie inférieure, tant est intime son union avec le schiste à Graptolites, comme on le voit aux mines d'Almaden et d'Almadenejos et dans quelques autres lieux. Les Graptolites ne sont jamais avec les Bilobites, mais avec ces derniers ne se trouve non plus aucun animal fossile. Les grès qui caractérisent l'étage à *Calymene-Tristani*, et ont un aspect différent, sont assez grossiers et contiennent quelquefois beaucoup de fossiles de la faune seconde.

Vous savez que, en Espagne du moins, le terrain silurien inférieur est assez pauvre en calcaire. Du côté de l'Alamillo et du Castillo de Asnaron il y a un calcaire très abondant, d'une couleur gris blanchâtre, tout pétri quelquefois de petits coralliaires avec quelques rares brachiopodes dont je n'ai trouvé que des fragments peu déterminables. Ce sont peut-être la *Strophomena antiquata* et un autre, la *Rhynchonella Bouchardii*. Tout autour de ces calcaires, il y a assez de Graptolites, toujours dans un schiste plus ou moins ampéliteux où l'on a fait des fouilles pour chercher de la houille. Vous voyez que, si nous avançons lentement, du moins nous avançons toujours.

Une autre découverte que je viens de faire est celle du terrain silurien inférieur avec les mêmes fossiles qu'à la Sierra-Morena dans la partie occidentale des Asturies. M. Anciola, natif du port de Luarca, ingénieur des mines, m'avait dit il y deux ans qu'il avait vu un Trilobite ramassé près de cette côte. Je désirais y aller, mais j'avais beaucoup à faire et il me fallut attendre. Enfin, j'ai trouvé au milieu de schistes bleus comme ceux d'Angers, *Calymene-Tristani*, *Asaphus glabratus*, *Dalmanites Phillipsi*, *Bellerophon bilobatus*, *Redonia Deshayesiana*, *R. Duwaliana*, *Arca Naranjoana*, *Echinosphærites Murchisoni?* et quelques autres fragments. Je suis très content de cette découverte, parce qu'un jalon mis là à Luarca ou au cap de Bustos conjointement avec celui que j'ai déterminé à Brazuelo de Prado-Rey près de d'Astorga, où j'ai trouvé des Graptolites il y a deux ans, facilitera mes recherches dans ces terrains anciens qui occupent un si grand espace dans

les provinces de Zamora, Léon, Oviedo et dans le royaume de Galice, où il y a tant à faire encore.

M. Daubrée fait la communication suivante :

Observations sur le métamorphisme et recherches expérimentales sur quelques-uns des agents qui ont pu le produire; par M. Daubrée, doyen de la Faculté des sciences de Strasbourg.

L'un des problèmes qui ont le plus préoccupé les géologues est la formation première des roches cristallisées, surtout de celles qui, participant à la fois de la nature des terrains stratifiés et de la nature des roches massives, portent l'empreinte d'une double origine.

Ces terrains présentent d'autant plus d'intérêt que dans beaucoup de régions du globe ils recèlent des minéraux extrêmement variés, et que leur formation se lie d'une manière intime à l'origine des dépôts où l'on exploite les métaux et les pierres gemmes.

Les modifications plus ou moins profondes que beaucoup de roches ont subies postérieurement à leur dépôt ont été produites sous l'influence de la chaleur; on les a même quelquefois attribuées exclusivement à cet agent.

Cependant un simple flux de chaleur, quelles qu'aient été son intensité et sa durée, n'a pu produire, sans auxiliaire, la plupart des phénomènes que nous observons dans les terrains métamorphiques.

Ainsi, par l'influence de la chaleur seule, il est impossible d'expliquer l'extrême irrégularité avec laquelle se sont propagées les modifications à partir des centres d'action.

Très souvent, en effet, les transformations sont restreintes à une zone très étroite, qui n'atteint pas quelques décimètres. Il serait facile d'en signaler de nombreux exemples au contact des roches éruptives de toute espèce, depuis les laves actuelles, les basaltes et les trachytes jusqu'aux granites. Ce fait résulte de la faible conductibilité calorifique des matériaux pierreux. D'ailleurs la transmission de la chaleur a pu être souvent arrêtée, quand le terrain encaissant était imbibé d'eau, qui l'empêchait de s'échauffer au contact de la masse fondue.

Mais les roches éruptives ne se présentent pas toujours avec ce caractère inoffensif à l'égard des terrains où elles ont été intercalées. Les actions métamorphiques se sont parfois développées

avec intensité suivant certaines zones, tandis que près de la même roche, dans la même contrée, des terrains en apparence dans des conditions identiques avec les premiers sont restés inaltérés.

Dans certaines circonstances, ces actions ont même pu s'étendre sur des distances considérables, à travers des épaisseurs de plusieurs milliers de mètres, sans qu'on puisse toujours pénétrer jusqu'aux roches qui ont causé des changements si considérables.

Quand tant d'exemples nous montrent la faible influence de l'action calorifique proprement dite des roches éruptives, comment comprendrait-on que cette même action eût agi ailleurs avec autant d'énergie que d'uniformité sur des massifs énormes?

Si, laissant de côté les relations d'ensemble, nous passons aux faits de détail, nous trouvons encore, dans le mode d'agencement des minéraux des roches métamorphiques, une foule d'associations ou de gisements qui empêchent d'admettre pour ces minéraux une origine par voie sèche.

Pour en citer un exemple, je rappellerai le fait si fréquent de la cristallisation des silicates alumineux, comme la chiastolite et la staurotide, au milieu des phyllades fossilifères, et celle du grenat ou du pyroxène dans les calcaires également d'origine sédimentaire.

La chaleur puis la cristallisation, qui est la conséquence du refroidissement, peuvent opérer des départs ou liquations entre des substances qui étaient primitivement dissoutes l'une dans l'autre; c'est ainsi que le carbone se sépare de la fonte, en cristaux, à l'état de graphite. Mais l'expérience directe ne nous montre rien d'analogue au développement de cristaux isolés de grenat, de pyroxène, de feldspath, de disthène, dans une gangue calcaire, qui n'a pas même été ramollie, et qui, selon toutes les apparences, n'a été que très faiblement chauffée. Des actions lentes et continuées pendant très longtemps, comme la nature en emploie si souvent pour élaborer les produits minéraux, sont capables de bien des résultats que l'homme est impuissant à imiter; mais on n'est nullement en droit de chercher exclusivement dans la durée du temps, ainsi qu'on l'a fait, une explication que rien ne justifierait d'ailleurs.

Ainsi, lors même que les roches métamorphisées ne renfermeraient pas de corps simples étrangers à leur composition normale primitive, on ne peut comprendre la formation des minéraux qui y ont pris naissance, sans l'intervention d'un véhicule autre que la chaleur. A plus forte raison cette conclusion est-elle nécessaire quand, comme au Brésil, le changement d'état des roches a visi-

blement coïncidé avec l'introduction de corps particuliers qui se sont en partie fixés dans les roches transformées.

L'étude de beaucoup de gîtes métallifères et de diverses contrées où les roches sédimentaires se montrent évidemment transformées, m'a conduit à attribuer plusieurs de ces phénomènes à des réactions de certaines vapeurs entre elles ou sur des roches préexistantes, et à reproduire ainsi plusieurs espèces minérales caractéristiques de ces dépôts (1).

Mais, dans bien des cas, il est évident que cette explication n'est pas applicable. Si les vapeurs et les gaz ont pu introduire, déplacer ou précipiter divers composés dans les roches, l'eau liquide, non moins mobile, peut être soupçonnée d'avoir provoqué des changements dans les masses où elle a eu accès.

Dans son travail classique sur les *émanations métalliques et métallifères*, M. Élie de Beaumont a signalé depuis longtemps l'analogie des filons métallifères avec les produits d'incrustations de sources thermales. On sait comment les expériences de M. de Sénarmont sur la production artificielle des minéraux des filons ont confirmé la justesse de ces considérations théoriques.

Diverses observations géologiques conduisent à faire croire que l'eau a agi aussi dans le métamorphisme, et récemment M. le professeur Bischoff a présenté, dans son important ouvrage de géologie chimique, des arguments nombreux et fondés en faveur de cette conclusion.

Cependant une grave objection restait en présence de tous les raisonnements. Les silicates anhydres, dont la présence dans les roches transformées auxquelles je fais allusion constitue un caractère essentiel, semblaient nécessiter l'intervention de la voie sèche. Ces silicates, en effet, forment la base des roches éruptives : certains d'entre eux sont accidentellement imités dans les scories

---

(1) *Mémoire sur le gisement, la constitution et l'origine des amas de minerai d'étain* (*Annales des mines*, 3e série, t. XX, p. 65, 1841).

Recherches sur la production artificielle de quelques espèces minérales cristallines, particulièrement de l'oxyde d'étain, de l'oxyde de titane et du quartz (*Annales des mines*, 4e série, t. XVI, p. 129).

Expériences sur la production artificielle de l'apatite, de la topaze et de quelques autres minéraux fluorifères (*Annales des mines*, 4e série, t. XIX, p. 669).

Recherches sur la production artificielle des minéraux de la famille des aluminates et des silicates par la réaction des vapeurs sur les roches (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIX, p. 135).

et les autres produits fondus ou sublimés des ateliers métallurgiques. Enfin, personne n'ignore les résultats obtenus depuis longtemps par MM. Berthier et Mitscherlich, et plus tard par M. Ebelmen, sur la formation des silicates, à de hautes températures, par voie de fusion. Ainsi, tandis que la voie sèche formait par des procédés variés des silicates anhydres cristallisés, dont quelques-uns sont identiques avec ceux des roches métamorphiques, la voie humide était jusqu'à présent restée impuissante dans la production de semblables imitations.

Des expériences synthétiques dirigées d'après l'induction géologique pouvaient seules trancher la question. Tel est le but des expériences où j'ai tenté de mettre en jeu les affinités capables de produire de pareilles combinaisons.

Recherches expérimentales et synthétiques.

Avant d'exposer les résultats de mes expériences, je crois devoir faire connaître des observations qui leur servent en quelque sorte d'introduction : ce sont des imitations de minéraux que j'ai reconnus lors de l'exécution des travaux de recherche et de captage des sources thermales de Plombières.

Les sources de Plombières renferment, entre autres sels, de petites quantités de silicates de potasse et de soude et de sulfates des mêmes bases; elles jaillissent du granite à une température d'environ 70 degrés centigrades.

Un robinet en bronze, d'origine romaine, découvert par M. l'ingénieur Jutier, sous des maçonneries où il était enfoncé depuis bien des siècles, était encroûté de nombreux cristaux de *cuivre sulfuré* cristallisé, absolument identique par son aspect, par ses formes, par toutes ses propriétés avec le cuivre sulfuré de Cornouailles. Ces cristaux, vraisemblablement dus à la réduction des sulfates de l'eau minérale par des matières organiques en présence du cuivre, sont par conséquent dimorphes avec le sulfure de même composition que l'on obtient par voie de fusion dans nos laboratoires ou dans les scories du traitement du cuivre.

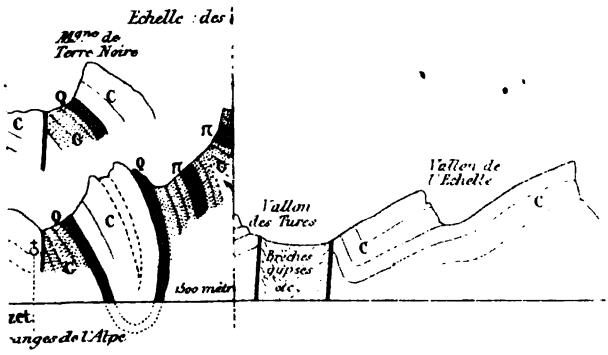
Nous avons dû entailler de puissants massifs de maçonnerie romaine, construits avec un soin admirable, qui enveloppent les canaux par lesquels l'eau thermale était conduite du point d'émergence à la piscine, dite du Bain-Romain. Dans certaines cavités du béton qui avait été imbibé, j'ai rencontré de l'*hyalite* mamelonnée, d'une transparence parfaite et impossible à distinguer de l'hyalite des basaltes.

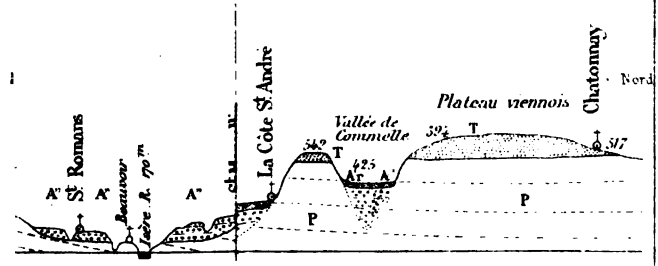
MÉMOI ivant le torrent de l'Argentière.

ESQUISSE D'U

D

Fig. 1. — Coupe





Mollasse

Poudingues tertiaires

Terrain tertiaire supérieu

nes de la vallée de l'Isère

Imp. Kaeppelin 17 Quai Voltaire Paris.

Les cavités où se trouvent l'hyalite contiennent souvent en outre des mamelons et des stalactites, dont la surface est hérissée de cristaux d'un blanc parfait; quelques-uns de ces enduits cristallins s'étendent jusque sur les briques voisines.

Ces cristaux sont terminés par des pointements en forme de pyramide aiguë à base carrée; ils rayent le spath fluor. Dans un tube fermé ils dégagent de l'eau; ils sont facilement fusibles. L'acide chlorhydrique les attaque avec formation de gelée. L'analyse démontre qu'ils sont formés d'un silicate hydraté de potasse et de chaux dans les proportions qui constituent l'*apophyllite*, dont ils ont en outre la forme cristalline.

Les sources de Plombières sortent d'un granite porphyroïde où l'on n'a jamais trouvé aucune zéolithe; mais elles contiennent de la potasse et de la chaux, bases des silicates qu'elles paraissent enlever au granite décomposé en le lessivant. La chaux du béton a pu aussi favoriser la formation de l'apophyllite.

Déjà M. Woehler (1) était parvenu à dissoudre ce minéral dans l'eau, et il l'avait fait cristalliser par refroidissement, mais il opérait à la température de 180 à 190 degrés, et sous une pression de 10 à 12 atmosphères. On pouvait donc croire ces conditions nécessaires à la production de cette espèce minérale.

En résumé, des minéraux que la nature nous présente dans les filons et au milieu des roches éruptives peuvent prendre naissance à une température qui ne dépasse pas 70 degrés.

Si donc des silicates hydratés se produisent dans l'eau à des températures très inférieures à leur degré de dissolution, je devais espérer obtenir des silicates anhydres, en élevant convenablement la température.

La difficulté principale contre laquelle, je dois l'avouer, j'ai lutté pendant bien longtemps, consistait à trouver des fermetures qui résistassent assez longtemps à l'énorme tension qu'acquiert la vapeur d'eau, quand la température s'élève jusqu'au point où je voulais arriver, c'est-à-dire vers le rouge sombre. Il serait hors de propos d'expliquer ici quels procédés j'ai tentés pour répartir la pression sur plusieurs tubes intérieurs les uns aux autres ou pour employer des fermetures autoclaves. Je me borne à indiquer succinctement le procédé qui m'a enfin réussi.

L'eau, avec les substances qui doivent réagir, est placée dans un tube en verre de bonne qualité, que l'on scelle ensuite après en avoir raréfié l'air autant que possible. On introduit ce tube en

(1) *Jahresbericht*, 1847 et 1848, p. 1262.

verre dans un tube en fer à parois très épaisses (1), qui est clos à la forge à l'une de ses extrémités. L'autre extrémité est fermée au moyen d'un long bouchon à vis, muni d'une tête carrée qu'on peut serrer fortement ou tourner avec une clef. Il importe que la vis soit exécutée avec beaucoup de précision. Entre la tête de la vis et le rebord du tube est placée une rondelle en cuivre bien pur; elle doit être assez étroite pour pouvoir être écrasée, lors de la fermeture, par la pression du rebord.

Pour contre-balancer la tension que la vapeur développe dans l'intérieur du tube de verre et qui le ferait éclater, je verse de l'eau extérieurement à ce tube, entre ses parois et celles du tube de fer qui lui sert d'enveloppe. De cette manière, l'effort principal est reporté sur ce dernier tube qui présente beaucoup plus de résistance.

Ces appareils, comme ceux dont M. de Sénarmont a fait usage, étaient couchés sur le dôme d'un four à cornues d'usine à gaz, en contact avec une maçonnerie qui est au rouge sombre, et enfouis sous une couche épaisse de poussière de charbon. Un thermomètre à mercure y atteint rapidement sa limite; des fragments anguleux de zinc s'y ramollissent; la température à laquelle ces tubes restent exposés, pendant plusieurs semaines au moins, est donc d'environ 400 degrés. On les retire graduellement afin de les refroidir avec beaucoup de lenteur.

Quelque précaution que l'on prenne, toutes les fermetures ne résistent pas à la tension de la vapeur d'eau qui est énorme à ces températures élevées. C'est à peine si un appareil sur trois conserve son liquide pendant tout le temps de l'expérience. Aussi, en comptant même pour rien les dangers d'explosion, les difficultés matérielles dont je parle et le temps nécessaire à chaque expérience sont des obstacles qui m'ont empêché de multiplier les résultats comme je l'aurais désiré. Cependant, les faits que j'ai reconnus suffisent déjà pour montrer la fécondité de cette voie d'expérimentation.

Pour procéder du simple au composé, j'ai d'abord voulu reconnaître comment l'eau, dont l'action incontestable sur le verre a été étudiée par M. Pelouze, entre 0 et 100 degrés (2), se comporte à l'égard de ses enveloppes lorsqu'elle est surréchauffée.

---

(1) Pour un diamètre intérieur de 20 millimètres, on a adopté une épaisseur de parois de 8 millimètres.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1856, t. XLIII, p. 117.

Après une attaque d'une semaine seulement, rien dans l'aspect du résidu ne rappelle le verre. Il est entièrement transformé en une masse blanche, tout à fait opaque, poreuse et happant à la langue, qui a absolument l'aspect du kaolin. Tantôt le tube a conservé sa forme générale, tout en se modifiant; tantôt il s'est désagrégé et réduit en une poussière blanche.

Dans l'un et l'autre cas, la transformation est tout autre que la dévitrification étudiée par Réaumur, et, plus tard, par M. Dumas et par M. Pelouze (1). Des combinaisons nouvelles se sont formées : d'une part, l'eau s'est fortement chargée de silicate alcalin; de l'autre, la substance opaque, et au premier aspect d'apparence amorphe, est presque entièrement composée d'éléments cristallins.

Ce que l'on distingue facilement, même sans le secours de la loupe, c'est une multitude de cristaux incolores, d'une limpidité parfaite, qui offrent la forme ordinaire bipyramidée du quartz, avec sa physionomie habituelle, et qui, en effet, ne sont autres que de la silice cristallisée. Certains cristaux ainsi formés atteignent deux millimètres au bout d'un mois. Ils sont souvent isolés dans la pâte opaque; quelquefois aussi ils se sont implantés sur les parois du tube primitif, ou bien encore ils forment à l'intérieur de véritables géodes qu'il serait de toute impossibilité de distinguer, à la dimension près, de celles que les roches schisteuses cristallines présentent si fréquemment.

La substance blanche et opaque qui forme la plus grande partie du résidu de la transformation du verre n'est pas amorphe. Elle forme des prismes très déliés ou aciculaires, que l'on ne peut mieux comparer qu'à la poussière de l'amphibole fibreuse passant à l'asbeste. Un lavage par décantation peut séparer assez nettement cette seconde substance des cristaux de quartz et de menus fragments incomplétement désagrégés.

Soumise au chalumeau, la substance fond assez facilement en une perle incolore. Elle est complétement attaquable par l'acide chlorhydrique bouillant; elle a la composition de la *wollastonite*.

Enfin les grains incomplétement désagrégés et peu abondants, séparés par le lavage, sont un silicate double de chaux et de soude hydraté, qui est attaquable aussi par l'acide chlorhydrique.

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1855, t. LX p. 1321 et 1327.

Quant au silicate alcalin qui reste en dissolution, dans l'expérience dont nous exposons les résultats,

Silice	37
Soude	63
Potasse et chaux	traces
	100

les quantités d'oxygène de la silice et de l'alcali y sont égales, ce qui conduit à la formule SiO^3. $3NaO$. On voit que ce composé est beaucoup plus basique que le silicate $(SiO^3)^3.NaO$, qui, d'après les recherches de M. Pelouze, se dissout à froid. La différence résulte peut-être de ce que le silicate alcalin d'abord enlevé au verre se décompose par une action de la chaleur comparable à celle que M. Frémy a constatée (1); le quartz cristallisé paraît, en effet, résulter d'une décomposition de ce genre, qui se fait peut-être à une température assez voisine de celle de la dissolution.

On ne peut voir sans étonnement qu'un changement aussi complet dans l'état physique et chimique du verre soit obtenu par une très faible quantité d'eau, par un poids qui est, au plus, égal à la moitié de celui du verre transformé.

A la température d'environ 400 degrés, l'action de l'eau sur le verre devient donc des plus énergiques. Elle dissout les éléments qui avaient été combinés dans le verre à une température beaucoup plus élevée, il est vrai, mais en dehors de son intervention. L'eau jouit, en outre, si l'on peut s'exprimer ainsi, d'une influence de cristallisation des plus remarquables sur le quartz et sur les silicates.

Les deux tubes n'étant pas complétement remplis d'eau, le tube en verre ne peut plonger dans le liquide que par sa partie inférieure, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Cependant, il est toujours attaqué avec uniformité dans toute son étendue. Ce résultat prouve que dans les conditions où nous avons opéré, la vapeur d'eau, par suite de la température et de la densité qu'elle acquiert, agit chimiquement comme l'eau liquide. On entre alors dans une période où la voie humide vient presque se confondre avec la voie sèche.

Peut-être pourrait-on objecter, d'après une assertion récente, que certains cristaux pouvaient préexister dans le verre où ils resteraient latents, comme les cristaux d'étain que le moiré métal-

(1) *Comptes rendus de l'Académie*, 1856, t. XLIII, p. 1146.

lique met en évidence après le traitement par un acide. C'est aussi en se servant d'un acide que M. Leydolt (1) a voulu prouver que le verre possède, en général, une structure cristalline, et, en quelque sorte, porphyroïde : après avoir attaqué le verre par l'acide fluorhydrique, on observe sur la surface corrodée des formes cristallines.

Je crois pouvoir conclure de mes observations que, dans la plupart des cas au moins, les aiguilles cristallines qui apparaissent après le traitement de l'acide fluorhydrique n'appartiennent pas à la substance vitreuse elle-même, mais au fluosilicate de potasse qui, si l'action est lente, se dépose à la surface du verre. Les cristaux ainsi formés protégent le verre contre une érosion ultérieure; aussi, quand on lave la substance corrodée, elle paraît couverte de cristallisations; mais ces cristallisations y ont été décalquées comme les dessins que l'on réserve par des enduits de cire, dans la gravure sur verre.

Quand le verre, au lieu d'être traité par l'acide fluorhydrique, est attaqué par un séjour prolongé de plusieurs mois dans l'eau bouillante, comme j'ai eu occasion de le constater sur des tubes indicateurs de chaudières à vapeur, il se produit des érosions très variées, mais sans indice de cristallisation. Cependant, dans ce dernier mode d'opérer, l'action étant très lente, les cristaux devraient apparaître bien plus nettement encore que dans le premier cas, si l'opinion dont je parle était fondée.

Un autre fait prouve clairement la validité de mon observation. Sur un verre incolore qui était doublé d'une feuille mince de verre rouge de cuivre, et dans lequel on avait corrodé les verres des deux couleurs, on pouvait reconnaître, sur le bord des entailles, que les mêmes aiguilles passaient sans aucune altération du verre rouge sur le verre blanc. Elles résultaient donc simplement d'une empreinte extérieure, comme nous l'avons annoncé.

Il n'était pas sans intérêt de reconnaître si les verres volcaniques, connus sous le nom d'*obsidiennes*, se comportent d'une manière comparable aux verres artificiels.

Or, des morceaux d'obsidiennes, chauffés dans l'eau comme nous l'avons dit, perdent aussi tout à fait leur aspect vitreux. La substance se change en une matière grisâtre, ayant encore les mêmes caractères chimiques, mais qu'à l'œil nu on reconnaît être cristalline comme un trachyte à grains fins. Sa poussière, examinée au microscope, montre absolument les caractères du feldspath

(1) *Comptes rendus de l'Académie*, t. XXXIV, p. 565.

cristallisé, et ressemble surtout au rhyacolite ou feldspath vitreux.

On sait que l'obsidienne ne paraît différer chimiquement du feldspath que par un léger excès dans la proportion de la silice. L'excès de silice qui peut s'y trouver est enlevé par le silicate alcalin auquel la décomposition du verre donne naissance, et, à la suite de ce départ, le feldspath se sépare en petits cristaux.

La tendance que le feldspath manifeste ainsi à se produire par la voie humide est à prendre en considération dans diverses circonstances géologiques.

Avec les fragments d'obsidienne sur lesquels j'ai opéré se trouvaient des morceaux de feldspath vitreux détachés du trachyte du Drachenfels, et de l'oligoclase de Suède. Ces deux derniers minéraux n'ont subi aucune altération appréciable. On ne peut toutefois affirmer que si l'eau n'avait pas immédiatement trouvé d'alcali à enlever à l'enveloppe vitreuse, elle n'en aurait pas pris au feldspath.

Nous voyons ici une sorte de confirmation de l'expérience précédente sur la stabilité des silicates, qui ont originairement cristallisé dans des conditions peut-être assez voisines de celles où ils se trouvaient de nouveau placés.

Il en est à peu près de même des feuilles très minces de mica potassique de Sibérie ; elles ont à peine perdu de leur transparence.

Des cristaux de pyroxène n'ont pas non plus changé d'aspect, si ce n'est que, comme les morceaux de feldspath et d'obsidienne, ils ont été si complétement enveloppés de cristaux de quartz, qu'il faut les briser pour en examiner la nature.

Pour examiner comment se comportent, à l'état suréchauffé, les dissolutions naturelles de silicate alcalin, que l'on trouve dans presque toutes les eaux, autant du moins que la présence du verre le permettait, je me suis servi de l'eau provenant des sources thermales de Plombières, qui est comparativement riche en silicate de potasse. Cependant, ne pouvant opérer que sur 20 à 30 centimètres cubes d'eau, je l'ai préalablement concentrée par une évaporation assez rapide pour ne pas décomposer son silicate, de manière à la réduire au vingtième de son volume primitif.

Après une expérience qui avait été arrêtée au bout de deux jours seulement, les parois du tube étaient déjà recouvertes d'enduits de silice sous la forme de quartz cristallin et aussi de calcédoine. Comme le verre n'était encore altéré qu'à sa surface, ce dépôt devait provenir, au moins presque en totalité, de la décomposition du silicate alcalin contenu dans l'eau de Plombières.

Ainsi, sans l'application d'aucun réactif chimique, sous la seule

influence de la chaleur, l'eau tenant en dissolution des silicates alcalins, telles que les sources de Plombières, dépose du quartz cristallisé ou cristallin.

Une nouvelle preuve de la facilité avec laquelle les minéraux du groupe des feldspath peuvent se produire en présence de l'eau est fournie dans l'expérience suivante, que j'ai faite dans le but d'expliquer des feldspathisations assez fréquentes, même dans les roches fossilifères.

Du kaolin parfaitement purifié par le lavage de tout débris feldspathique ayant été traité dans un tube par l'eau de Plombières, cette masse terreuse s'est transformée en une substance solide, confusément cristallisée en petits prismes, et qui raye le verre. Après avoir purifié cette substance par un lavage à l'eau bouillante, on voit qu'elle est devenue fusible en émail blanc; l'acide chlorhydrique ne l'attaque plus. C'est un silicate double d'alumine et d'alcali qui a tous les caractères du feldspath; il est mélangé de quartz cristallisé.

La facilité avec laquelle le silicate d'alumine absorbe la chaux à froid dans un mortier hydraulique est comparable à la réaction dont nous venons de rendre compte.

Au milieu de la substance blanchâtre provenant de la transformation d'un tube de verre qui avait reçu de l'eau de Plombières concentrée, j'ai obtenu d'innombrables cristaux très petits, mais de forme parfaitement nette, doués de beaucoup d'éclat, bien transparents et de diverses nuances de vert; beaucoup d'entre eux ont la teinte vert-olive, qui est habituelle au péridot. Leur forme est celle d'un prisme oblique symétrique, dont les bases sont remplacées par deux biseaux; deux des arêtes latérales opposées sont ordinairement tronquées, comme dans le pyroxène que Haüy a nommé *homonome;* ce sont d'ailleurs les mêmes angles. Ces cristaux rayent sensiblement le verre.

Traités par l'acide chlorhydrique concentré et bouillant, ils restent inaltérables, à part la perte d'une trace de fer. Ils fondent au chalumeau en un émail noir.

Leur composition est celle d'un *pyroxène* à bases de chaux et de fer qui, par sa transparence, appartient à la variété *diopside.*

Ces cristaux sont, les uns isolés, les autres groupés de manière à former de petits globules hérissés de pointements, et plus rarement des incrustations minces. Les uns et les autres rappellent immédiatement, par l'ensemble de leur aspect, les cristaux de diopside des gisements les plus connus.

Les végétaux fossiles ayant subi des modifications sous l'in-

fluence des mêmes agents que les matières pierreuses, il convenait de voir ce que devient du bois dans l'eau suréchauffée.

Des fragments de bois de sapin se sont transformés en une masse noire, douée d'un vif éclat, d'une compacité parfaite, qui, en un mot, a l'aspect d'une anthracite pure; elle est assez dure pour qu'une pointe d'acier la raye difficilement. Cette sorte d'anthracite, bien qu'infusible, est entièrement granulée sous forme de globules réguliers de diverses dimensions, d'où il résulte clairement que la substance a été *fondue* en se transformant; cette anthracite ne donne que des traces de matières volatiles; la matière ligneuse est donc arrivée à son dernier degré de décomposition. Elle ne se consume qu'avec une excessive lenteur, même sous le dard du chalumeau.

Elle diffère des charbons formés à haute température, en ce qu'elle ne conduit pas l'électricité, non plus que le diamant.

Les filons d'argent de Kongsberg, en Norwége, qui sont encaissés dans le gneiss, renferment, disséminée au milieu de l'argent natif, de l'anthracite qui ne diffère en rien de celle que nous avons obtenue.

On ne saurait douter que, si l'expérience avait été arrêtée à une température moins élevée, on n'eût obtenu un produit intermédiaire entre le bois et l'anthracite, c'est-à-dire ayant la composition de la houille, comme M. Cagniard de Latour paraît d'ailleurs en avoir obtenu dans des conditions semblables.

Je terminerai en signalant deux particularités du verre modifié, que je ne saurais désigner autrement que par l'épithète de métamorphique.

Sans que le tube se soit déformé, son épaisseur a, en général, augmenté très notablement, au moins du sixième environ de l'épaisseur primitive. Ce gonflement, conséquence de la cristallisation qui s'est opérée, se fait surtout sentir dans l'accroissement du diamètre extérieur du tube.

En même temps, ce verre a pris une structure éminemment schisteuse. Les fenillets, dans lesquels il se clive facilement, sont si minces qu'on peut quelquefois en distinguer plus de dix dans un millimètre d'épaisseur. Quand le verre est incomplétement attaqué, le centre, quoique vitreux encore, montre aussi des zones très fines, comme les agates onyx. Le tout rappelle la structure de certaines roches schisteuses et cristallines.

D'après les résultats que nous venons d'exposer, l'eau suréchauffée vers 400 degrés devient capable de former et de faire cristalliser non-seulement le quartz, mais encore des silicates

anhydres, tels que le feldspath, le pyroxène diopside, la wollastonite. Des combinaisons semblables avaient déjà été produites, il est vrai, par la voie sèche, mais à des températures incomparablement plus élevées que celle où la présence de l'eau permet de les obtenir. Dans ce dernier cas, le point de cristallisation est de beaucoup au-dessous du point de fusion. En résumé, vers le rouge naissant les affinités de la voie humide prennent, en ce qui concerne la production des silicates, le même caractère que celles de la voie sèche.

Déductions géologiques.

La température croît si rapidement à mesure que l'on descend vers l'intérieur du globe, que l'eau qui s'infiltre dans certaines fissures de l'écorce terrestre, atteint nécessairement des régions où, sous la pression qu'elle supporte, elle doit s'échauffer beaucoup au delà de la température à laquelle elle entre en ébullition sous la simple pression atmosphérique. Les volcans nous le démontrent d'ailleurs par leurs énormes exhalations aqueuses. On ne peut donc douter que la chaleur et la pression n'agissent *simultanément* et que, suivant une expression de M. Élie de Beaumont, elles ne soient les deux *coordonnées* de la condition de ces sortes d'*étuves* naturelles (1) qu'il est très important d'étudier pour la géologie. C'est ce qui a été réalisé dans les expériences dont je viens de rendre compte; aussi, quand les produits obtenus sont identiques avec ceux de la nature, ils amènent à certaines inductions très probables sur l'origine des minéraux et des roches qui ont été ainsi imités, comme je vais chercher à le faire voir par quelques observations.

Comme conséquence de la formation des combinaisons rencontrées dans les sources thermales de Plombières, je ferai remarquer d'abord combien on a souvent exagéré la température nécessaire pour produire certains minéraux, surtout depuis qu'il est démontré que la chaleur interne a une part capitale dans les principaux phénomènes mécaniques et chimiques qui ont accidenté l'écorce terrestre. Des produits caractéristiques des filons métallifères et des roches volcaniques peuvent, en effet, se former à une température qui n'excède pas 70 degrés.

Cette dernière conclusion à l'égard de l'apophyllite peut être

(1) *Note sur les émanations volcaniques et métallifères* (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2e sér., t. IV, p. 1276).

étendue aux autres zéolithes avec lesquelles elle présente de si grandes analogies de composition et de gisement. Or, on sait que les minéraux de cette famille font partie constituante de certaines roches, notamment des basaltes et des phonolithes. Tantôt les zéolithes sont disséminées dans tout le tissu de la roche; tantôt elles se sont concentrées dans les boursouflures, avec d'autres résidus de la décomposition des silicates primitifs, tels que le quartz, la chaux carbonatée ou l'aragonite, le fer carbonaté, la dolomie et la terre verte. Dans l'un et l'autre cas, ces silicates hydratés peuvent avoir pris naissance par une sorte de réaction sur une pâte préexistante, de nature doléritique ou trachytique, comme il arrive dans l'intérieur des maçonneries de Plombières, sous l'influence des silicates solubles qui y pénètrent graduellement. Il est, en tout cas, très possible que les zéolithes qui font partie essentielle des roches éruptives, et qui se trouvent aussi dans les dépôts métallifères, se soient formés quand le refroidissement était déjà très avancé.

Des faits géologiques peuvent confirmer cette idée. Ainsi, de nombreux fragments de calcaire tertiaire d'eau douce qui sont empâtés dans le tuf basaltique du Puy de la Piquette en Auvergne se sont aussi imprégnés de zéolithes (1). La mésotype et la stilbite sont venues tapisser les cavités laissées par les larves des friganes, sans que la roche calcaire ait subi d'altération sensible. Si le cuivre et l'argent natif renfermés abondamment dans les roches amygdaloïdes du lac Supérieur sont déposés dans ces roches, en contact l'un avec l'autre, sans former d'alliage, c'est que ces deux métaux se précipitaient à une température inférieure, et peut-être de beaucoup, à celle à laquelle ils sont susceptibles de fondre ou de s'allier.

L'eau n'intervient pas seulement dans la formation des silicates où elle reste en partie combinée, et où elle laisse ainsi une preuve manifeste de sa coopération. La série d'expériences dont nous venons de signaler les résultats apprend qu'à des températures plus élevées, loin d'être inactive, elle se comporte dans la cristallisation du quartz et des silicates anhydres, comme si les matières y étaient facilement solubles.

Le feldspath, le principal élément des laves des volcans, a été déjà rencontré cristallisé dans des fourneaux à cuivre du Mansfeld,

---

(1) Dufrénoy, *Sur la relation des terrains tertiaires et volcaniques de l'Auvergne* (*Annales des mines*, 2e sér., t. VII, p. 345).—Bouillet et Lecoq, *Vues et coupes du Puy-de-Dôme*, p. 23.

où M. Haussmann l'a découvert dès 1810, ainsi que dans quelques autres ateliers métallurgiques. Ce fait a eu pour les considérations géologiques une portée incontestable; mais il est très probable, d'après la position des cristaux vers la partie supérieure des fourneaux, qu'ils sont un produit de réaction de vapeurs entre elles et sur les parois, en tout comparables à celles qui m'ont occupé dans d'autres circonstances. Je rappellerai aussi qu'en faisant réagir le chlorure de silicium sur une combinaison d'alumine et d'alcali, j'ai obtenu de petits cristaux ayant les caractères physiques et chimiques du feldspath (1). Mais les chimistes les plus habiles ne sont pas encore parvenus à produire directement ce silicate double à l'état cristallin, par une *fusion sèche*, quelles que soient les précautions observées dans le refroidissement (2).

Tandis que le feldspath n'a pu être produit dans des réactions de voie sèche que d'une manière tout accidentelle ou par des artifices particuliers, la même combinaison a une tendance très marquée à se former dans l'eau suréchauffée à 400 degrés, quand ses éléments se trouvent en présence.

On a depuis longtemps soupçonné que l'eau intervient dans la cristallisation des laves elles-mêmes, où elle est abondamment incorporée, et dont, malgré la très haute température, elle n'achève de se dégager qu'au moment de la solidification.

Quel que soit l'état moléculaire de l'eau dans les laves, l'influence qu'elle exerce sur la formation des silicates qui s'en séparent n'est plus difficile à comprendre d'après les résultats qui viennent d'être exposés. Elle me paraît y agir comme dans les tubes, où elle est aussi suréchauffée, lorsqu'elle transforme l'obsidienne en feldspath cristallisé ou qu'elle dépose le pyroxène en cristaux parfaits. C'est ainsi que dans les laves, comme dans nos expériences, elle opère le départ et la cristallisation des silicates à une température bien inférieure à leur point de fusion. C'est encore par cette influence aqueuse que ces mêmes silicates peuvent cristalliser dans une succession qui est souvent opposée à leur ordre relatif de fusibilité. On sait, par exemple, que l'amphigène, silicate d'alumine et de potasse qui est infusible, s'est développé dans les laves de l'Italie en cristaux souvent très volumineux.

Cette inversion dans l'ordre des fusibilités est surtout remarquable dans le granite qui, par la présence du quartz et du mica,

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXIX, p. 135.

(2) Mitscherlich, *Poggendorff Annalen*, t. XXXIII, p. 340.

comme par le mode de cristallisation de ces substances, diffère d'ailleurs de tous les produits de la fusion sèche que nous connaissons. Aussi, depuis que l'action de la chaleur dans la formation de cette roche a été démontrée, son mode de cristallisation a été l'objet de nombreux systèmes, notamment de la part de Breislack, Fuchs, MM. Schafhaütl, Delafosse, de Boucheporn, Fournet, Durocher. Depuis les observations importantes de M. Scheerer sur ce sujet, M. Élie de Beaumont a montré en outre qu'une quantité d'eau très minime a pu contribuer, avec les chlorures, à suspendre la cristallisation de ces pâtes jusqu'à un refroidissement très avancé. Les déductions des expériences qui précèdent sur l'action de l'eau, lors de la cristallisation des silicates, s'appliquent plus directement encore à la cristallisation du granite qu'à celle des laves.

Un phénomène des plus fréquents dans les roches métamorphiques est le développement ultérieur du feldspath dans leur masse, sans qu'elles aient été ramollies. Pour faire voir comment ce fait, inexplicable par la voie sèche, se déduit simplement de nos expériences, et pour préciser les circonstances ou cette transformation a eu lieu, nous prendrons des exemples dans la chaîne des Vosges, qui, pour ce phénomène, représente un type fréquemment reproduit ailleurs.

Dans les régions septentrionale et méridionale de cette chaîne, le granite syénitique forme des proéminences qui coupent les terrains de transition. Les roches de ces derniers terrains ont souvent subi, à proximité du granite, des modifications si variées que leur nomenclature précise devient un sujet d'embarras pour le géologue. Elles consistent généralement en pâtes pétro-siliceuses, grises, verdâtres ou rosées, facilement fusibles au chalumeau. Des cristaux de feldspath orthose et de feldspath du sixième système y sont fréquemment disséminés; ils sont parfois accompagnés de quartz, d'amphibole, d'épidote, de pyrite et de quelques autres minéraux. Dans ce dernier cas, la roche ressemble, à s'y méprendre, à certains porphyres ou eurites porphyroïdes qui sont d'origine éruptive et qui se trouvent surtout vers la lisière des masses granitiques. On reconnaît cependant par des passages graduels que, dans le cas dont il s'agit ici, ces eurites et ces roches porphyroïdes ne sont qu'une dégénérescence de roches stratifiées et fossilifères.

On pourrait douter de la certitude de cette dernière conclusion, si la modification dont nous parlons ne se reproduisait dans des localités nombreuses, et avec une identité surprenante dans toute la nombreuse série de variétés de roche qui ont été affectées. Nous

citerons comme exemple : autour du massif du Champ-du-Feu, les environs de Schirmeck, Framont, Rothau, Grendelbruch, Saint-Nabor, Barr, Andlau, Senones; près du massif des Ballons : les vallées de Massevaux, de Saint-Amarin, la naissance de la vallée de la Moselle, la vallée de Giromagny, celles de la Haute-Saône comprises entre Plancher-Haut, Fresse, Ternuay et Champagny. Les roches modifiées de ces diverses localités ont été nommées par les observateurs qui les ont décrites (1) pétro-silex, eurites, porphyres verts, porphyres bruns ou amphibolites ; car quelquefois elles se chargent de beaucoup d'amphibole. Enfin, pour compléter l'énumération des principales modifications des terrains anciens des Vosges, nous ajouterons que sur d'autres points les phyllades deviennent micacées et mâclifères.

Aux environs de Thann, les roches feldspathisées sont très nettement stratifiées; elles renferment en outre de nombreux débris de végétaux qui, parfois même, forment des lits d'anthracite; d'après M. Schimper, ces végétaux caractériseraient le terrain carbonifère inférieur plutôt que le terrain devonien. Or, la pâte de ces mêmes couches est en grande partie parsemée de cristaux de feldspath qui appartiennent ordinairement au sixième système. La forme de ces cristaux, leur développement, toutes les particularités de leur manière d'être démontrent surabondamment que la plupart d'entre eux ne préexistaient pas parmi les matériaux arénacés qui ont formé ces pâtes, mais qu'ils s'y sont développés plus tard, comme M. Delesse l'a très bien montré (2); de là le nom de *grauwacke métamorphique* qui leur a été donné.

Dans la Forêt-Noire, on trouve dans plusieurs régions des faits tout semblables à ceux que nous venons de mentionner pour les Vosges. Dans la chaîne badoise, les couches du terrain carbonifère inférieur, quelquefois riches en plantes, comme aux environs de Schœnau et Lentzkirch, contiennent aussi des cristaux de feldspath oligoclase, de même que les couches de Thann; on reconnaît d'ailleurs aussi que ces cristaux n'y ont pas été amenés à l'état détritique et qu'ils résultent d'une épigénie.

---

(1) Élie de Beaumont, *Explication de la carte géologique de la France*, t. I, p. 187.

Thirria, *Statistique minéralogique de la Haute-Saône* (où quelques-unes des roches sont qualifiées de porphyres de transition).

(2) Delesse, *Sur la grauwacke métamorphique des Vosges* (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2e sér., t. X, p. 562).

Kœchlin-Schlumberger, *Sur la grauwacke métamorphique de Thaim* (même recueil, t. XI, p. 89).

Pour rendre compte des transitions insensibles de certaines roches stratifiées aux roches feldspathiques éruptives qui les ont traversées, M. Fournet les a ingénieusement comparées à ce qui arrive, lorsque le fondant introduit dans un creuset pour la matière duquel ce fondant a de l'affinité, dénature le creuset, tout en se dénaturant lui-même (1). Mais ces considérations d'*endomorphisme*, sans doute admissibles dans quelques cas, ne peuvent s'appliquer partout, notamment aux grauwackes feldspathiques de Thann dans les couches desquelles le phénomène s'étend si uniformément.

Tous ces cas de feldspathisation s'expliquent d'une manière très simple d'après les expériences où le feldspath est produit par voie humide, et particulièrement celle où nous reproduisons le phénomène sur l'argile, en présence d'une dissolution de silicate alcalin, comme il en existe dans la plupart des sources thermales. De telles eaux pénétrant dans des couches argileuses, à l'état surchauffé, comme la pression le permettait avant qu'elles fussent disloquées, ont pu faire naître des cristaux de feldspath, de quartz et d'autres silicates. Selon leur nature première, selon la température de l'eau dont elles s'imbibaient, les roches ont subi des transformations différentes.

Observons d'ailleurs que les argiles renferment souvent des quantités assez notables de potasse, de chaux, de magnésie et d'autres bases, pour que le feldspath et d'autres minéraux, aussi bien que les mâcles et la chiastolithe aient pu s'y développer, sous la réaction de l'eau, sans introduction d'éléments étrangers. A de hautes températures, il suffit même de si peu d'eau pour produire la cristallisation de ces silicates, ainsi que nous l'avons vu, que l'eau des argiles ou même celle qui est mécaniquement mélangée aux roches, et que l'on qualifie vulgairement d'*eau de carrière*, paraît déjà être en quantité suffisante pour pouvoir déterminer, à l'aide de la chaleur, des réactions assez énergiques.

Il est une circonstance qui vient à l'appui de la supposition que des eaux renfermant des silicates de potasse ont souvent pu pénétrer dans les terrains qui avoisinent le granite. Près des terrains feldspathisés, comme nous venons de le dire, le granite est souvent tout à fait décomposé, au point que l'on exploite cette roche comme sable pour les constructions, comme à Barembach, Andlau et dans beaucoup d'autres lieux des Vosges. L'eau qui avait dissous une partie des alcalis du feldspath était susceptible

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, t. IV, p. 242.

en s'introduisant dans les argiles d'y régénérer ce même minéral; et ces deux phénomènes, probablement complémentaires, sont parfois visibles à quelques centaines de mètres l'un de l'autre.

Nous avons reconnu que le feldspath soumis à 400 degrés à l'action de l'eau alcaline ne subit aucune altération, et il n'y a pas à s'en étonner, puisqu'il se trouve alors dans les conditions même où il prend naissance. Mais, à des températures moins élevées, l'eau pure ou tenant certaines substances en dissolution peut attaquer le même composé de manière à le transformer en kaolin ou peut-être en zéolites. Ainsi, quand les galets feldspathiques se réduisent par le frottement, dans le sein des eaux, en limon imperméable, il subit même à la température ordinaire une décomposition lente, comme je l'ai constaté dans une autre série d'expériences (1).

L'examen direct des phénomènes naturels nous conduit à la même conclusion que, selon les circonstances, l'eau agit sur le feldspath d'une manière inverse; elle peut le produire ou le décomposer. Des nappes entières de porphyre rouge quartzifère subordonnées au terrain du grès rouge ont subi une décomposition profonde ; les cristaux de feldspath et la pâte elle-même ont été kaolinisées à une température qui, selon toute probabilité, était inférieure à celle où ces mêmes cristaux avaient pris naissance.

Il est beaucoup d'autres contrées où des minéraux de la famille des feldspaths ont pris naissance dans des roches, comme épigénies. Je me bornerai à signaler ici les schistes verts du Taunus, nommés schistes à *séricite*, dont les veinules renferment parfois de l'albite aussi nettement cristallisée que celle qui occupe un gisement semblable dans l'Oisans et que renferment toutes les collections de minéralogie. Comme l'albite de l'Oisans, elle est accompagnée de quartz, d'épidote, et, pour surcroît de ressemblance, d'axinite (2).

Au lieu de se développer dans les roches argileuses, le feldspath s'est souvent aussi formé dans des calcaires. Les Alpes présentent de nombreux exemples de ce fait qui ont déjà été observés par Saussure (3), et que l'infatigable explorateur de cette chaîne de

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLV, p. 997.

(2) Cette dernière substance a été rencontrée récemment à Kœnigstein par M. Scharf.

(3) *Voyages dans les Alpes*, in-4, t. II, p. 390 et chap. XXXVIII.

montagnes, M. Studer, a décrits avec détail (1). Cette transformation des couches calcaires en roches feldspathiques a aussi donné lieu à d'intéressantes observations de M. Volger (2), et M. Bischof s'est appuyé sur ces faits pour montrer que le feldspath ne peut avoir été formé par voie sèche (3). Un exemple des plus remarquables se trouve dans le massif du mont Blanc, particulièrement au col du Bonhomme, où les calcaires magnésiens, déjà signalés par Brochant dans son beau travail sur les terrains de la Tarentaise, et désignés plus tard par Alexandre Brongniart sous le nom de *calciphyre feldspathique*, sont effectivement parsemés de cristaux d'albite. Le calcaire en se modifiant ainsi n'a pas d'ailleurs toujours échangé sa compacité primitive contre l'état cristallin.

Les développements du feldspath, sous des formes très variées dans les roches métamorphiques des Alpes et dans beaucoup d'autres contrées, s'expliquent par les réactions que nous avons déjà exposées plus haut.

Nos expériences sur les productions des silicates par voie humide serviront à expliquer bien d'autres particularités des roches métamorphiques.

Sans sortir des Alpes où le phénomène s'est développé d'une manière si grandiose, comment n'admettrait-on pas cette origine pour les roches dont a été séparé le pyroxène diopside en Piémont et dans le Tyrol, après avoir reconnu les conditions de son gisement et avoir vu les cristaux de même nature formés par voie humide? ou pour les roches d'Achmatowsk dans l'Oural, qui, comme celui des Alpes, est accompagné de grenat ou de chlorite cristallisée? On doit étendre la même conclusion aux pyroxènes disséminés dans divers calcaires métamorphiques, tels que ceux des îles Hébrides ou des Pyrénées.

Il serait difficile de ne pas y comprendre également les blocs de calcaire de la Somma, dont les géodes sont régulièrement incrustées de cristaux de diopside, de mica et d'autres minéraux, qui tous ont évidemment pris naissance sous l'influence de l'eau et d'une température élevée.

Au point de vue qui nous occupe, il n'est peut-être pas de localité connue qui soit plus digne d'intérêt que les environs de Rothau, dans les Vosges, notamment le lieu nommé Petit-Donon. Le granite

(1) *Geologie der Schweiz*, t. I, p. 380.
(2) *Jahrbuch für Mineralogie*, 1854, p. 257.
(3) *Lehrbuch der Geologie*, t. II, p. 2344.

syénitique a pénétré des couches dévoniennes, et, jusqu'à quelques centaines de mètres du contact, elles sont entièrement modifiées. Sur certains points, la roche ne consiste plus qu'en un mélange de pyroxène lamellaire, d'épidote et de grenat compacte, avec des mouches de galène. Au milieu de la roche entièrement formée de silicates de cette nature, j'ai reconnu les empreintes parfaitement conservées de nombreux polypiers; ce sont surtout des *Calamopora spongites* (Goldfuss) et des *flustres*. Il y a plus : les cavités mêmes laissées par la disparition partielle du calcaire de ces polypiers sont hérissées de cristaux du même minéral qui forme la pâte : le plus abondant est l'amphibole noire en cristaux allongés, d'une netteté parfaite, pénétrant parfois dans les cristaux de quartz, fait très fréquent dans les Alpes, au milieu de roches ayant perdu toutes traces de fossiles. Du grenat vert d'herbe fait partie des mêmes géodes, et rappelle tout à fait celui de Monzoni en Tyrol, ou de Drammen en Norwége. Enfin, parmi ces divers minéraux, j'ai reconnu aussi l'axinite en cristaux volumineux, dont la présence n'avait encore été signalée dans aucune roche fossilifère.

Comme les polypiers que M. Élie de Beaumont a autrefois signalés au milieu de la dolomie de Gérolstein, les débris organiques si bien conservés à Rothau méritent d'être considérés comme des monuments classiques du métamorphisme. Ils nous apprennent, en effet, qu'une roche incontestablement d'origine sédimentaire est aujourd'hui formée de silicates anhydres et cristallisés, comme le pyroxène, l'amphibole, le grenat, l'épidote et l'axinite, et, de plus, que cette roche s'est ainsi profondément transformée, sans se ramollir notablement, puisque les délicatesses de la surface des polypiers y sont bien conservées.

Ces circonstances, dont l'action de l'eau suréchauffée et se propageant suivant certaines directions rend si bien compte, se reproduisent fréquemment. Ainsi les amas de fer oligiste de Framont, situés à 10 kilomètres de là, dans une position géologique toute semblable, renferment des gangues de même nature que celles du Petit-Donon de Rothau; ces gîtes ont été vraisemblablement produits par des actions tout à fait analogues à celles que nous venons de chercher à éclaircir. Il en est de même des amas de contact du Banat, des environs de Christiania, de Turjinks dans l'Oural, de ceux de la Toscane, avec leurs boules d'amphibole radiée et d'yénite enclavés dans le calcaire, et, en général, de beaucoup d'amas métallifères qui ont pris naissance à proximité de roches éruptives, et qui ont pour gangues des minéraux silicatés.

Une transformation aussi complète que celle des roches de Ro-

thau, subie par une roche stratifiée sans qu'il y ait eu ramollissement, explique aussi la conservation de ces nombreux fragments parfaitement anguleux que renferment très souvent les roches granitiques, et dont on peut voir des exemples nombreux dans les dalles des trottoirs de beaucoup de grandes villes. Dans les Vosges, ces fragments sont surtout abondants vers la périphérie des massifs granitiques. Dans le granite porphyroïde, les fragments consistent en granite à grain fin et très chargé de mica. Ceux que renferme la syénite tiennent de la nature de la masse enveloppante; ce sont des blocs de syénite à grains fins ou de diorite micacée, où l'amphibole est ordinairement en longues aiguilles, comme dans les géodes des polypiers de Rothau. Tantôt ces blocs ont quelques centimètres de côté, tantôt ils atteignent la dimension de plusieurs mètres cubes. Il n'est pas rare qu'ils soient assez rapprochés pour que leur ensemble constitue une brèche dans laquelle la syénite enveloppante forme de nombreuses ramifications (1).

Bien des silicates autres que ceux que nous avons déjà imités, et peut-être la totalité de ceux que présente le règne minéral, peuvent être reproduits également par voie humide. Les analogies chimiques aussi bien que les associations de gisement le prouvent bien clairement. Mais je préfère ne pas devancer par des déductions géologiques plus étendues les résultats de l'expérience qui peut-être ne se feront pas attendre.

Remarquons encore qu'à cette température, vers laquelle nous venons de voir la voie humide imiter avec tant de facilité les silicates produits par voie sèche, tout en en créant d'autres qui lui sont propres, la vapeur d'eau agit, comme nous l'avons également reconnu, à la manière de l'eau liquide. Il n'y a donc pas lieu de chercher, dans les phénomènes géologiques produits dans de telles conditions de chaleur, une démarcation tranchée entre l'action de l'eau liquide et celle de l'eau à l'état de vapeur.

La schistosité qu'acquièrent les tubes de verre est un effet évident du mode de fabrication qui a imprimé à la masse une structure par couches superposées. C'est une sorte d'hétérogénéité qui peut être décelée à l'aide de l'action subtile de la lumière polarisée, mais qui pour l'œil nu est primitivement cachée dans une apparente homogénéité. Elle n'apparaît que quand l'eau, par une action inégale, a dessiné les zones de nature différente, et mieux encore après que la substance, déjà modifiée en partie, a subi un retrait. Ces feuillets

(1) *Description géologique du Bas-Rhin*, p. 28 et 33.

sont, en effet, beaucoup plus prononcés dans certains tubes que dans d'autres.

Il est très possible qu'un effet du même genre se manifeste par métamorphisme sur des roches qui étaient peut-être d'abord homogènes, mais qui, par suite des forces mécaniques auxquelles les masses ont été exposées dans les phénomènes de dislocation, ont dû présenter, comme le verre, des différences de densité et d'élasticité, en sens divers (1). Toujours est-il que la disposition feuilletée ou quelquefois simplement rubanée du verre métamorphique rappelle tout à fait la structure caractéristique des terrains schisteux cristallisés, qui jusqu'à présent n'a pas été imitée autrement par l'expérience.

Je terminerai par quelques observations générales qui montrent, comme les exemples de détail que je viens de signaler, une ressemblance évidente entre les circonstances où se sont produits les phénomènes naturels et celles où nous nous sommes placés dans nos recherches.

L'influence de la pression sur les actions chimiques qui ont transformé les roches est, en effet, tout aussi claire dans la nature que dans l'expérience directe.

Les laves les plus chaudes et les plus chargées de vapeurs aqueuses, non plus que les basaltes et les trachytes, ne modifient pas les roches sur des épaisseurs notables, tant qu'elles agissent sous la simple pression atmosphérique. Mais les nombreux blocs de calcaire venus des foyers volcaniques dans les tufs de la Somma nous montrent, dans leurs géodes tapissées de minéraux si variés et si bien cristallisés, ce que peuvent produire les mêmes agents, lorsqu'ils sont encore renfermés dans la profondeur.

Un fait tout à fait comparable nous est offert dans le petit massif basaltique du Kaiserstuhl, dans le grand-duché de Bade.

Contrairement à ce que l'on a observé généralement, un lambeau de calcaire arraché par le basalte aux terrains qu'il a traversés est modifié de la manière la plus profonde. Ce calcaire, devenu tout à fait lamellaire, renferme en effet des cristaux octaédriques de fer oxydulé titanifère, de la pyrite de fer, du mica magnésien semblable à celui de la Somma, de la perowskite et du pyrochlore cristallisé, qui rappellent le gisement de l'Ilmen. J'y ai, en outre, constaté la présence de cristaux de quartz, enchevêtrés au milieu

(1) Parmi les divers savants qui ont étudié ce sujet, je rappellerai MM. Sedgwick, Élie de Beaumont, de la Bèche, Sharpe, Hopkins, Strickland, Sorby, Tyndal, et récemment M. Laugel.

des premiers minéraux, et qui ont été formés évidemment dans les mêmes conditions. Enfin, le calcaire traité par un acide très faible laisse d'innombrables aiguilles que j'ai reconnues pour de l'apatite. Des échantillons de calcaire que j'ai rapportés de la Somma, avec du fer oxydulé et de l'apatite, ressemblent, à s'y méprendre, à certaines variétés du calcaire du Kaiserstuhl. La présence du mica magnésien, abondant dans les deux localités, établit une analogie de plus entre les agents qui y ont développé cette série de minéraux remarquables. J'ajouterai, d'ailleurs, que ce n'est pas toujours près du contact même du basalte que l'accumulation des minéraux faite sous son influence s'est opérée de préférence : aussi ne peut-on admettre que le calcaire ait précipité ces minéraux par une action de voie sèche.

Le privilége qui a été accordé au calcaire du Kaiserstuhl, exceptionnellement parmi les roches en contact avec les basaltes, me paraît résulter clairement de son gisement. Ce calcaire est en effet situé au centre même d'un cirque de soulèvement des mieux caractérisés. Avant que la dernière dislocation subie par le massif basaltique fît affleurer ce calcaire au jour, il était soumis à une certaine profondeur, et par conséquent sous pression, aux eaux chaudes dont le basalte était lui-même imbibé et qui y ont aussi déposé des minéraux dans d'innombrables boursouflures.

De même que le calcaire du Kaiserstuhl, le calcaire si riche en minéraux variés de la Somma et celui du Latium ont été élaborés dans des points où se sont formés des cratères de soulèvement, quand la pression même sous laquelle se faisait la modification de ces roches a brisé leur couvercle, d'abord hermétiquement fermé. La cause des réactions chimiques a été annulée quand une issue lui a été ouverte.

Ainsi, au milieu même des foyers ignés les plus incontestables, dont les soulèvements ont amené au jour les produits antérieurs, on rencontre des phénomènes inexpliquables par la chaleur seule ; des phénomènes qui démontrent l'influence de la pression comme agent de transformation et qu'il faut, selon toute vraisemblance, rapporter à l'eau suréchauffée.

Dans les terrains stratifiés de tous les âges, le phénomène du métamorphisme se lie toujours à des dislocations.

D'une part, en effet, les terrains stratifiés les plus anciens de la Russie et de la Suède méridionale, comme ceux de l'Amérique du Nord, qui ont conservé leur horizontalité première, ne sont pas sensiblement transformés. D'autre part, des terrains récents, mais fortement accidentés dans leur stratification, tels que les couches

jurassiques et crétacées des Alpes, des montagnes Apuennes et de la Toscane, ont été au contraire complétement modifiés, lors même qu'on n'y rencontre que peu de masses éruptives. Les phyllades ne sont que le premier terme de transformations plus profondes; aussi ne se trouvent-elles jamais en dehors de zones autrefois plus ou moins disloquées.

Les sources thermales sont toujours en relation avec des accidents de structure du même genre, et d'immenses contrées sans dislocation, comme la Russie, en sont complétement dépourvues.

Il est donc difficile de ne pas apercevoir une liaison entre les deux espèces de phénomènes; il est difficile surtout de s'y refuser, quand l'expérience nous montre les eaux minéralisées comme un des agents les plus énergiques du métamorphisme que nous parvenons à reproduire artificiellement.

Les sources que nous voyons jaillir sous la simple pression atmosphérique ne dépassent pas la température de 100 degrés; mais on ne doit pas en conclure que dans la profondeur des roches, et plus près des masses où elles s'échauffent, l'eau ne puisse pas atteindre, aussi bien que dans nos tubes, une température beaucoup plus élevée. Dès lors, il est impossible que des eaux suréchauffées et douées d'une force expansive considérable ne se frayent pas une voie, vers la surface du sol, à travers toutes les roches voisines. Elles choisissent de préférence celles qui sont le plus perméables; mais elles peuvent cependant agir aussi, comme nous le voyons pour le verre, sur les masses tout à fait imperméables. En présence des résultats des expériences dont nous venons de parler, on ne peut douter que dans leur trajet plus ou moins prolongé à travers d'innombrables canaux capillaires, ces eaux ne soient un agent extrêmement puissant pour transformer des roches variées et y engendrer des silicates anhydres ou hydratés, aussi bien que d'autres minéraux que la voie humide produit dans les mêmes conditions de température.

Quant aux profondeurs auxquelles peuvent se produire les phénomènes de métamorphisme et une très grande chaleur dans les sources thermales, je ferai observer que sur les trois quarts de la surface du globe, les sources ne peuvent apparaître sans surmonter la pression des mers, qui ne doit pas être évaluée, en moyenne, à moins de deux cents atmosphères. Or, quand même les roches auraient été transformées à de grandes profondeurs, des brisements violents, comme ceux qui ont fait surgir la chaîne des Alpes, peuvent les avoir fait apparaître ultérieurement à la surface même du sol.

Pour le remplissage de la plupart des filons métalliques, les

eaux ont apporté dans de longues fissures où elles circulaient librement les matériaux dont elles étaient chargées. Ce phénomène est donc à vrai dire un cas particulier de métamorphisme; et en effet, dans bien des contrées, telles que les régions stannifères du Cornouailles, de la Saxe et de la Bohême, ou mieux encore, dans la grande zone des terrains du Brésil, qui renferment l'or, le platine et les pierres gemmes, on voit clairement la liaison intime des deux phénomènes.

M. Delanoüe demande à M. Daubrée s'il a répété les mêmes expériences à une basse température avec des substances identiques, pour chercher à reproduire les effets obtenus, par exemple, dans les eaux thermales de Plombières, et pour s'assurer si le feldspath anhydre, qui se forme à une haute température, ne se décomposerait pas à une température moins élevée. Ne pourrait-on pas aussi supposer que l'alcali existe tout formé dans l'argile, au lieu d'être fourni par les eaux de suintement qui n'agiraient qu'à la surface?

M. Daubrée répond que les argiles contiennent, comme on le sait, quelques centièmes d'alcali, mais que rien ne prouve que cet alcali serve à la composition des feldspaths, plutôt que l'eau alcaline fournie par des eaux d'infiltration.

M. Ch. S.-C. Deville pense que les expériences de M. Daubrée expliquent bien le métamorphisme proprement dit, tel que celui des roches des Vosges, mais que dans les roches éruptives proprement dites, dans les laves, les choses se passent d'une manière différente; qu'au moment où l'eau en sort, les minéraux se forment sans pression et par une véritable cristallisation, où l'eau joue sans doute un rôle, mais que, si le refroidissement est rapide, il ne se forme que de l'obsidienne. L'eau est évidemment dans ces roches à un état moléculaire encore entièrement inconnu.

M. Daubrée pense que l'obsidienne, en présence de l'eau surréchauffée, donne lieu à la formation du feldspath; il en a reproduit de cette manière dans une de ses expériences.

M. Damour demande à M. Daubrée s'il applique sa théorie à tous les feldspaths, par exemple, à ceux du granite.

M. Daubrée répond qu'il est porté à la croire vraie pour les

feldspaths du granite, d'autant qu'on n'a pu jusqu'ici reproduire les éléments du granite par la voie sèche.

M. Virlet dit que la communication de M. Daubrée lui paraît surtout intéressante, en ce qu'elle vient aujourd'hui apporter le résultat d'expériences chimiques à l'appui des nombreux faits incontestables du métamorphisme des roches, et fait à ce sujet la communication suivante :

Nouvelles observations sur le métamorphisme normal; par M. Virlet d'Aoust.

L'intervention de l'eau dans les phénomènes du métamorphisme en général, admise depuis bien longtemps par moi (1), et pour celui de la *granitification* en particulier, par MM. Angelot et Scheerer (2), me paraît d'autant plus probable, que certains faits que j'ai eu occasion d'observer depuis au Mexique sont venus confirmer cette opinion en même temps qu'ils m'ont démontré, à moi aussi, que la chaleur seule n'a pas toujours suffi pour déterminer la cristallisation dans les roches.

Les principaux reliefs du Mexique et de l'Amérique centrale sont dus à un système de fractures O., 35° à 36° N., auquel j'ai cru devoir imposer, pour cette raison, le nom de *système d'Anahuac* (3). C'est à partir de cette époque de dislocation, bien postérieure à la formation crayeuse qu'elle a relevée, que je fais seulement remonter les principaux faits de métamorphisme normal qui s'observent depuis l'isthme de Panama jusque dans les États de Tamaulipas, de Nuevo-Léon, de Chihuahua et de Sonora, vers les Montagnes Rocheuses, c'est-à-dire sur une étendue qui ne mesure pas moins de vingt degrés de latitude; et c'est après ce soulèvement qu'a eu lieu la transformation en porphyres, en trachytes porphyroïdes et aussi quelquefois en granites, des masses argileuses de l'époque crayeuse, et peut-être même en partie d'une époque plus récente encore.

Les fractures si nettes, si multipliées, de ce système remar-

---

(1) Voy. p. 300 de la *Géologie et de la minéralogie de la Grèce*, t. II, 2e partie, in-4, Paris, 1833, *De l'expédition scientifique de Morée*.

(2) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. IV, p. 468, 496 et 498 (1847).

(3) Le royaume des Astèques ou des Mexicains portait anciennement le nom d'*Anahuac*, et les Espagnols ont conservé au grand plateau central mexicain le nom de *Mesa d'Anahuac*.

quable, se présentant parfois comme une série de boutonnières sporadiquement distribuées sur toute cette immense surface, ont nécessairement dû ramener des flux de chaleur très considérables jusque dans les masses superficielles. Là serait, selon moi, la principale cause, mais non la cause unique, de la transformation de ces roches; car, partout où l'action de la chaleur paraît avoir agi seule, on observe que ces masses argileuses, quoique présentant tous les caractères de matières longtemps soumises à une forte ignition, n'ont, outre la décoloration, subi qu'une espèce de désagrégation, et qu'elles sont restées à l'état de *chaux* ou de masses calcinées et meubles.

Dans les endroits où l'action du métamorphisme cristallin a seulement commencé à se manifester, j'ai eu plus d'une fois occasion de constater ce fait remarquable : que c'est toujours par le haut qu'elle a commencé. Ainsi, pendant que les assises supérieures formant les sommets des collines sont déjà transformées en masses porphyroïdes plus ou moins consistantes, la base a conservé son état meuble, et l'on voit les parties agrégées perdre successivement de leur cohérence jusqu'aux parties encore meubles, mais déjà remplies de cristaux de feldspath dont le nombre et le volume va également en diminuant, à mesure qu'on s'éloigne du sommet. Sur les points où le métamorphisme est plus avancé, on observe cependant encore que les assises supérieures sont généralement plus dures et annoncent une transformation plus complète qu'à la base. Ces masses endurcies de la surface extérieure, auxquelles on donne communément, dans les États de Guanaxuato et de San-Louis-Potosi, le nom de *bufas*, forment souvent des crêtes ou des abruptes qui représentent parfois, sous les aspects les plus pittoresques, des espèces de ruines ou de vieilles forteresses. J'ai naturellement été porté à conclure de ces faits que la chaleur seule n'avait pas suffi pour déterminer d'abord la feldspathisation, qui est l'un des premiers changements moléculaires qui s'est manifesté dans ce métamorphisme naissant (1),

(1) Les phénomènes ne se manifestent pas toujours dans cet ordre; car, contrairement à ce que j'ai observé au Mexique, il arrive que, dans la transformation des roches, l'agrégation des masses précède le développement de la feldspathisation, et c'est notamment ce que j'ai observé fort anciennement, puisque cela remonte à 1829, dans la transformation en porphyres molaires des trass de l'île de Milo, dans l'archipel grec. Là on peut voir, littéralement parlant, ces trass, composés de débris d'origine volcanique, passer, sous l'influence de la chaleur et des gaz acides, et peut-être de vapeurs d'eau qui s'y dégagent

mais qu'il avait fallu encore le concours d'agents extérieurs que je crois être, pour le cas dont il s'agit, l'eau fournie par les météores aqueux.

On conçoit que des masses devenues tout à fait anhydres et passées à l'état spongiaire par suite d'une longue calcination, du moins à la surface, car il serait possible qu'à l'intérieur la pression eût été assez forte pour retenir même l'eau de mélange, devaient, à l'instar de la chaux vive, absorber l'eau avec une grande avidité, et retenir assez fortement celle qui était amenée par les pluies, pour permettre aux éléments feldspathiques de se cristalliser ensuite sous son influence combinée avec celle d'une température plus ou moins élevée.

Cette manière d'envisager les phénomènes du métamorphisme, par des actions combinées de l'intérieur et de l'extérieur, me paraîtrait d'ailleurs devoir expliquer assez bien la cristallinité plus complète et plus avancée qu'on observe généralement, notamment dans les Alpes, vers la partie centrale des chaînes de montagnes, c'est-à-dire le long des lignes principales de fractures, également le réceptacle d'un plus grand nombre de filons métallifères, qui, en même temps qu'ils sont eux-mêmes la conséquence de ces dislocations et des effluves centrales auxquelles elles ont donné lieu,

---

du sol, d'abord à l'état de porcellanites ou de pétro-silex, puis à celui de porphyres. Ces phénomènes curieux, auxquels on peut pour ainsi dire assister encore aujourd'hui, m'ont amené, par une complète analogie, à ranger dans la même catégorie de phénomènes l'origine des porphyres molaires de la Hongrie, si bien décrits par Beudant.

Des faits analogues s'observent à Imbros, l'une des îles de la Thrace, où des arkoses ont également été transformées en porphyres trachytiques. J'y ai constaté également que ces arkoses, amenées par l'effet d'une ignition intense à l'état pulvérulent, passaient d'abord à l'état de jaspe, puis après à celui de porphyre. Il est à remarquer que là aussi, comme au Mexique, la *jaspisation* et la cristallisation ont commencé à se manifester par la partie supérieure, et qu'elles y sont sans doute dues à l'intervention de l'eau extérieure, ou bien, comme je l'ai supposé d'abord, à l'action des vapeurs aqueuses qui pouvaient très bien accompagner les effluves caloriques (voy. p. 301 et 302 du grand ouvrage précédemment cité).

Il en est de même des jaspes zonés, verts et bruns, en couches si nombreuses et si développées de la Morée, qui ne sont évidemment qu'une des premières transformations des argiles schisteuses de la formation crayeuse, lesquelles, par un développement plus avancé de métamorphisme, ont donné naissance sur quelques points, dans la plaine d'Épidaure par exemple, à des porphyres variés.

ont certainement joué aussi leur rôle dans ces phénomènes compliqués (1).

On peut admettre que les granites, les gneiss, quand ils renferment comme éléments constitutifs quelques hydrosilicates, ne contiennent jamais plus de 1 ou 2 pour 100 d'*eau de cristallisation*, et, comme l'eau de couche s'élève presque toujours au delà de cette quantité, et que d'ailleurs celle-ci a pu être augmentée par des infiltrations à travers des masses aussi poreuses que le sont les roches en général, et en particulier surtout celles d'origine argilo-sédimentaires dont il est principalement question ici, je pense que cette eau a été souvent suffisante pour aider au développement progressif de la cristallisation des argiles, et amener leur transformation, soit en roches pétro-siliceuses, trachytiques ou porphyriques, soit en roches gneissiques ou granitiques.

---

(1) *Mémoire sur les filons en général et le rôle qu'ils paraissent avoir joué dans l'opération du métamorphisme* (*Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. I, p. 825). — Je crois intéressant de signaler ici un des faits les plus remarquables que j'aie eu occasion d'observer depuis la rédaction de ce Mémoire, constatant également le rôle que les filons ont joué dans les phénomènes du métamorphisme, soit normal, soit accidentel. Ce fait est celui que présente le riche filon de fer oxydulé de *Perda-Tronu* (pierre de tonnerre), dont il a déjà été parlé dans la *Géologie de l'île de Sardaigne* du général Albert de la Marmora.

Le dyke de fer en question, situé dans la partie méridionale de l'île, sur le territoire de Domus de Maria, a tellement réagi sur les roches encaissantes qu'en s'endosmosant en quelque sorte avec elles, il les a transformées en masses de grenat, à tel point que, lors d'une première visite, à la vérité très rapide, que j'y fis en 1856, j'avais, sur la foi d'ingénieurs qui m'avaient précédé, considéré ces masses comme formant la gangue du filon ; mais, dans une visite postérieure, faite en compagnie de M. Félix Giordano, ingénieur des mines du district, et de M. Léon Gouin, chargé en ce moment de la direction des travaux entrepris sur ce gisement, nous avons parfaitement reconnu et constaté que la roche grenatifère était due à une transformation de schistes alumineux. Ce n'était là pour moi, à vrai dire, qu'une répétition de ce que j'avais plus d'une fois observé au contact des filons de fer et notamment dans l'île de Syra (voy. p. 65 de la *Géologie de la Grèce*), et pour M. Gouin, qui avait eu occasion de visiter beaucoup de gisements analogues, une confirmation de faits également observés ailleurs. Dans cette partie de la Sardaigne, la *grenatification* des schistes est un indice à peu près certain de la présence du fer oxydulé ; en sorte que si, comme je suis porté à le penser, on peut s'en rapporter à ces indices et à l'intensité du phénomène qui les a produits, on doit s'attendre à rencontrer à Perda-Tronu, indépendamment des beaux pointements qui existent déjà à sa surface,

L'action de l'eau de couche, ajoutée à une température plus ou moins élevée et à une très forte pression, peut certainement bien avoir déterminé la formation des substances minérales qui avaient le plus de tendance à cristalliser, et, comme celles-ci sont pour la plupart des silicates anhydres, comme les feldspaths, ou des silicates contenant fort peu d'eau de cristallisation, comme les micas, les grenats, les tourmalines, les amphiboles, etc., toute l'eau de couche ou de simple mélange que ces substances ne se sont pas appropriée en cristallisant a pu ensuite réagir sur la silice seule, substance beaucoup plus réfractaire (1), et l'amener à un simple état plastique, insuffisant, dans le plus grand nombre de cas, pour lui permettre de cristalliser, ainsi que ses formes amorphes et enveloppantes habituelles le démontrent, et comme me l'a surtout démontré encore un des horizons fort remarquables des porphyres

---

une des plus importantes masses de fer oxydulé qui soient encore connues.

L'action de cette masse ferreuse ne s'est pas bornée à la grenatification des schistes vers ces points de contact, mais encore elle a transformé certains d'entre eux en porphyres euritiques, et sur quelques points en porphyres granitoïdes, en même temps qu'elle a très probablement déterminé la *silicification*, avec des circonstances très bizarres, d'un étage assez puissant et sur une étendue considérable de schistes de la même formation. Cette silicification s'est faite par zones minces et séparées, en laissant parfois des vides entre elles, mais disposées de telle manière qu'elles présentent une série de plis en zigzags, perpendiculaires aux plans de stratification des couches. Ces apparences de plissements nous les avaient fait regarder, à première vue, comme le résultat de phénomènes de refoulements, et désigner sous le nom très caractéristique alors de *schistes plissés*. En réfléchissant cependant ensuite à l'espèce de régularité, on pourrait presque dire mathématique, que présentent, considérés dans leur ensemble, tous ces zigzags, et cela sur une étendue de plusieurs kilomètres de profondeur, en suivant le plan des couches, j'ai commencé à douter que ce fût réellement là le résultat de refoulements horizontaux ; mais, ce qui a surtout contribué à me faire rejeter cette idée première, c'est que les schistes non silicifiés, avec lesquels ils alternent et dans lesquels ils sont enclavés, ne présentent eux-mêmes aucune apparence de refoulement. Ce phénomène vraiment curieux de métamorphisme a donc une tout autre origine, et il est probable qu'il tient à un mode particulier de silicification des schistes qui pourrait peut-être avoir quelque chose de comparable au phénomène qui a produit le clivage des schistes tégulaires.

(1) On sait cependant que l'eau, à la température de 100 degrés et sous l'influence de la pression, jouit de la propriété de dissoudre la silice.

du Mexique, lequel se distingue par une tendance particulière à prendre sur un grand nombre de points une structure globuliforme analogue à celle des diorites orbiculaires de la Corse. Dans ce porphyre on voit que la silice, ramenée à l'état de masse gélatineuse, a cherché, par suite de la pression sans doute, à pénétrer dans toutes les cavités de la roche, où on la voit suinter dans toutes les fissures à la manière des résines qui s'échappent de l'intérieur des arbres, et par suite on rencontre souvent le sol jonché de fragments nombreux d'agates provenant de la désagrégation de ce curieux terrain.

Si les granites avaient eu, comme beaucoup de géologues le pensent encore, une origine plutonique et s'étaient formés par un refroidissement lent, c'est l'inverse de ce qui s'observe que l'arrangement de leurs éléments devrait nous montrer, c'est-à-dire que la silice, au lieu d'être enveloppante, aurait donné lieu à des cristaux de quartz qui, formés bien avant ceux des autres silicates (1), seraient devenus des centres autour desquels se seraient groupés, comme autant de satellites, ces derniers, lesquels se trouvent le plus souvent enchevêtrés au contraire dans la silice amorphe.

Indépendamment des expériences de M. Becquerel, qui ont démontré depuis longtemps que, par les seules actions électrochimiques, les molécules de certaines substances minérales pouvaient se déplacer à la température ordinaire pour former ensuite d'autres combinaisons, un grand nombre de faits de cristallisation tendent à démontrer qu'elles se sont parfois opérées à d'assez basses températures, et les faits observés à Plombières par M. Daubrée viennent appuyer cette opinion, puisqu'il a constaté que des cristallisations de silicates s'y sont produites sous l'influence d'eaux thermales, dont la température ne s'élève qu'à 70 degrés centigrades, et rien ne dit qu'elles n'auraient pas pu également se produire à des températures bien inférieures.

Sans parler ici des hydrosilicates opalins, et notamment des célèbres opales de Zimapan, connues sous le nom d'*opales de feu* du Mexique, qu'on rencontre parfois encore à l'état de mollesse et que

---

(1) L'immense différence de fusibilité (12 à 1500 degrés pour le moins) qui existe entre le quartz et les autres substances minérales qui constituent avec lui les masses granitiques, ne permet pas d'admettre l'hypothèse de M. Fournet d'une *surfusion*. D'ailleurs, l'état de surfusion du quartz ne l'aurait sans doute pas empêché de cristalliser, ainsi que cela a lieu, par exemple, pour le soufre fondu qu'on a tenu en surfusion.

mes propres observations me portent à considérer comme pouvant continuer à se former, de même que les silex, sous les influences des circonstances actuelles, je crois que plus d'une des substances qui constituent les filons et leurs gangues peuvent également continuer à se former. Ainsi, j'ai eu plus d'une fois occasion d'observer dans les filons métalliques, tant en Europe qu'en Amérique, de ces espèces de noyaux ou parties molles que certains mineurs désignent sous le nom de *poches pourries*, où la matière, soit de spath calcaire, soit de quartz, etc., n'a pas encore acquis toute sa consistance. Lorsque le pic rencontre une de ces masses, il y pénètre comme dans du beurre et ordinairement il s'en échappe une certaine quantité d'eau. On ne pourrait pas mieux les comparer pour la friabilité qu'à cette espèce de glaces factices qu'on nous sert sous le nom de *granites;* elles s'écrasent en effet par la pression, comme des quartz étonnés, ou comme le feraient les parties encore molles des stalactites et des stalagmites. Les mineurs regardent généralement ces parties incohérentes, que les Allemands appellent *Guhr*, suc minéral ou lapidifique, comme un indice de la rencontre prochaine du métal?

Il est très probable que cet état de mollesse est, comme pour les dépôts stalactitiques, la conséquence d'une concrétion assez récente pour que les éléments cristallins n'aient pas encore pu acquérir la ténacité qu'ils montrent dans les cavités drusiques où l'eau paraît bien avoir été également le véhicule cristallisant. Dans tous les cas, ils paraissent, là aussi, s'être formés à des températures très peu élevées, comme le démontrent, par exemple, les petites quantités de liquide incolore et d'air qu'on rencontre assez fréquemment dans les cavités tubulées des cristaux de quartz des riches filons argentifères du *cite minier* de Guanajuato (Mexique). Ce liquide, que l'on considérait comme des gouttes d'eau, ce qui avait fait donner aux échantillons le nom d'*aéro-hydre*, a été reconnu par M. Brewster, composé de deux liquides oléagineux, 20 ou 25 fois plus dilatables que l'eau, en sorte qu'en chauffant même assez faiblement le cristal, ils se vaporisent à travers les pores du quartz et disparaissent complétement.

Ces faits bien connus de tous les mineurs se trouvent encore corroborés aujourd'hui par les intéressantes observations de M. Kuhlmann *sur la formation des roches par voie humide*, etc., et la cristallisation du sulfate de baryte par l'intervention des eaux de carrières (1) qu'il a eu occasion d'observer, lui aussi, dans

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLV, p. 787.

les filons de Vireux, près Namur, où il était guidé par M. Sépulchre, ingénieur directeur des travaux, et par celles non moins curieuses de M. Lewy, sur les émeraudes de Muso, dans la Nouvelle-Grenade, et les phénomènes d'inconsistance qu'elles offrent au moment de leur extraction (1).

Tous ces faits me portent à conclure que beaucoup de substances minérales, même anhydres, comme les feldspaths, le sulfate de baryte, les émeraudes, les spaths calcaires, certains quartz, etc., peuvent, sous l'influence des températures peu élevées des sols actuels et dans de certaines conditions, continuer à se former de nos jours, opinion que partage M. Lewy, du moins en ce qui concerne les émeraudes. La nature n'a-t-elle pas au surplus, pour opérer, un élément qui manque à l'homme, celui du temps et des siècles; or, cette action séculaire qui échappe à nos expériences et à nos appréciations est peut-être le plus puissant des agents qu'elle emploie?

Les roches métamorphiques, et parmi elles certains granites ayant conservé leur structure stratifiée originelle, ne démontrent-elles pas, dans tous les cas, que la température n'a même pas été jusqu'à amener le ramollissement complet des masses transformées? Les granites de la Normandie et de la Bretagne, dont l'origine argilo-sédimentaire me paraît si évidente et que j'ai fait le premier connaître (2), ne démontrent-ils pas également que l'action du métamorphisme qui les a transformés n'a pas dépassé le ramollissement, puisque, parmi les milliers de fragments de roches préexistantes, les uns roulés, les autres anguleux, qu'ils renferment et que l'on foule tous les jours aux pieds en parcourant les trottoirs de Paris, ces derniers ont parfaitement conservé leurs angles, alors qu'ils ont souvent participé aux modifications métamorphiques?

De tout ce qui précède, je crois donc pouvoir conclure, et le temps me paraît arrivé de pouvoir le faire sans trop blesser aujourd'hui, je crois, les vieilles opinions reçues et sans passer même, ainsi qu'on l'a prétendu souvent, pour être trop révolutionnaire, que la *génération* des granites n'est ni *neptunienne*, ainsi que le pensaient les partisans de l'école de Werner, ni *plutonique*, comme l'admettent les *vulcanistes* ou disciples de l'école huttonienne, mais bien *métamorphique*, c'est-à-dire qu'elle est complexe, en ce sens qu'elle dérive de dépôts d'origine sédimentaire

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLV. p. 877.
(2) *Lettre à M. Élie de Beaumont* (*Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. III, p. 96).

neptunienne, postérieurement modifiés, dans de certains cas du moins, par des actions plutoniques, en roches cristallines.

Le phénomène de la *granitification métamorphique* une fois admis, celui de la *gneissification* par les mêmes phénomènes le sera d'autant plus facilement que déjà depuis longtemps, pour les géologues de l'école de M. Élie de Beaumont, leur origine métamorphique ne fait plus question. Or, des passages horizontaux s'observant fréquemment entre ces deux roches démontrent assez, selon moi, qu'elles proviennent alors d'une même roche sédimentaire, et qu'elles ne diffèrent dans leur texture que par suite du plus ou du moins d'intensité ou de durée des actions métamorphisantes auxquelles ses différentes parties ont été soumises.

Du granite au porphyre, dont l'origine métamorphique est souvent bien plus évidente encore, il n'y a pas bien loin, d'autant plus qu'on observe aussi des passages horizontaux de l'une à l'autre roche, preuve incontestable d'une origine commune, et, en effet, M. Durocher, qui appelle déjà les porphyres quartzifères des *granites porphyroïdes*, partant de l'hypothèse que les pétro-silex ont une origine ignée, les considère comme l'état intermédiaire entre ceux-ci et les granites, qui ne sont pour lui que les premiers parvenus à un état complet de cristallisation, ce qui est parfaitement vrai, avec cette seule différence que les pétro-silex, au lieu d'être des roches ignées, sont tout bonnement, je l'ai déjà dit ailleurs, le résultat d'une transformation en silicate compacte, d'une espèce de jaspisation de roches sédimentaires.

Quant aux amphibolites, depuis qu'en 1829 j'ai eu l'occasion d'observer, dans l'île de Syra, le passage horizontal si clair, si évident, des schistes verts homogènes d'apparence chloriteuse, et par gradations insensibles, aux amphibolites les plus cristallines, à mesure qu'on approche de ce que j'y ai appelé la région métallifère (1), la question n'a plus fait pour moi l'ombre d'un doute. D'un autre côté, depuis que j'ai pu étudier également, dans les Alpes liguriennes, soit aux environs de Gênes, soit en parcourant cette magnifique route de la *Corniche*, véritable coupe géologique de plus de vingt lieues de longueur, depuis Savone jusqu'à Nice, les rapports intimes qui existent entre les diorites, les euphotides et les serpentines, ces sœurs naturelles des amphibolites, je n'ai pas non plus conservé de doute sur leur origine métamorphique commune, opinion qui est aussi celle de M. Ange Sismonda, qui a

(1) Page 65 de la *Géologie de la Grèce* déjà citée.

fait une longue étude de ses montagnes. Ce géologue regarde en effet la syénite, la diorite et la serpentine comme ayant *une seule et même origine, et ne différant que par la structure* (1).

A ces faits, que je ne fais que signaler ici, je crois encore intéressant d'ajouter ce que MM. W. E. Logan et T. Sterry-Hunt disent à la page 57 de leur *Esquisse géologique du Canada*, relativement aux serpentines de la partie orientale de cette région du globe. — « L'origine sédimentaire de ces serpentines est bien évi» dente, et il paraît très probable qu'elles ont pris naissance par » suite d'une réaction entre la silice et le carbonate de magnésie, » en présence de l'eau, et aidée par une température plus ou moins » élevée. Bischoff a fait voir que la silice, même dans sa modifi» cation insoluble, décompose ainsi les carbonates de chaux, de » magnésie et de fer, même à une température de 100 degrés centi» grades. Une telle réaction, avec des magnésites très siliceuses, » fournirait un silicate hydraté de magnésie qui ne serait autre » chose que la serpentine, et avec les dolomies il résulterait » des amphiboles ou des diallages. Des magnésites moins siliceuses » donneraient des talcs et des stéatites, tandis que les dolomies, » mélangées de trop peu de silice pour former des amphiboles, » produiraient les mélanges si communs de serpentine avec cal» caire. »

Puis ces savants citent des schistes onctueux à éclat nacré, qui devraient leurs caractères lithologiques à la formation d'un hydrosilicate d'alumine, identique avec la *phonolithe* de Guillemin, etc.

La transformation des dépôts argileux en hydrosilicates magnésiens, qui paraissent avoir joui, au moment de cette transformation, d'une plasticité voisine de la fluidité, expliquerait, d'une part, les nombreuses injections auxquelles les serpentines ont donné lieu, et de l'autre les mille et un accidents qu'on observe dans les roches dites ophiolithiques. De cette manière s'expliqueraient cet enchevêtrement, cette structure réticulée, parfois si embrouillée des serpentines, des euphotides, des diallages, en ce sens que les parties les plus fluides auraient enveloppé et relié, comme autant de noyaux, les parties les plus dures ou qui n'avaient pas encore subi une modification aussi avancée. On aurait alors la clef de toutes les circonstances vraiment bizarres que les roches serpentineuses présentent, et dont on n'avait pas encore, que je sache du moins, trouvé d'explication bien plausible.

Je ne crois pas devoir enfin me dispenser, en terminant, de dire

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. III, p. 240.

encore ici quelques mots relativement aux expressions fort impropres de *soulèvement des granites*, de *soulèvement des porphyres*, de *soulèvement des diorites*, etc., et d'autres roches encore réputées ignées, qu'emploient journellement beaucoup de géologues, car elles se rattachent indirectement à la question qui m'occupe en ce moment. Les granites, les syénites, les diorites, les porphyres, les serpentines, etc., qu'on leur suppose une origine plutonique ou sédimentaire, n'ont jamais rien soulevé ; seulement ces roches ont été purement et simplement soulevées comme toutes celles avec lesquelles elles se lient et se stratifient, et leurs injections, comme leur apparition, n'est pas *la cause*, mais bien plutôt *la conséquence* des soulèvements. Je pense donc qu'il conviendrait, dans l'intérêt de la science pure, que les géologues renonçassent à l'avenir à des expressions qui me paraissent, dans tous les cas, essentiellement vicieuses, puisqu'elles semblent entraîner avec elles la conséquence erronée de roches douées de forces soulevantes qu'elles n'ont jamais eues et qu'elles ne peuvent avoir, du moins dans le sens qu'on y applique. Les ruptures de l'écorce du globe, qui ont déterminé les soulèvements de sa surface, me paraissent avoir été bien plutôt le résultat de forces purement mécaniques, de mouvements ondulatoires, de pressions, que de forces dues aux phénomènes plutoniques proprement dits.

M. Virlet fait ensuite la communication suivante :

Observations sur un terrain d'origine météorique ou de transport aérien qui existe au Mexique, et sur le phénomène des trombes de poussière auquel il doit principalement son origine. — Notes sur le reboisement des montagnes, par M. Virlet d'Aoust.

Parmi les différentes formations qui constituent la surface du globe, on ne comptait jusqu'ici, en dehors des *terrains plutoniques*, que des *formations marines* ou exclusivement formées par la mer, des *formations lacustres* ou *d'eau douce*, formées par les lacs, des *formations fluvio-marines* ou d'*embouchures*, formées à la fois par les fleuves et la mer, des *terrains de transport* ou d'*alluvion*, formés soit par les fleuves et les rivières, soit par les pluies et les orages, etc. Eh bien ! il existe au Mexique, et probablement aussi sur beaucoup d'autres points de la surface du globe, une classe de terrains qui ne peut être rangée dans aucune des catégories déjà établies.

Le terrain, dont je veux entretenir aujourd'hui la Société, a longtemps été pour moi une énigme que je crois cependant avoir enfin résolue; il consiste en une masse argileuse et quelquefois argilo-marneuse généralement jaunâtre, qui non-seulement enveloppe complétement quelques montagnes isolées et plus particulièrement certains volcans secondaires parfois, cependant d'une origine assez récente, c'est-à-dire contemporaine de notre époque (1), mais encore constitue les flancs et la base des chaînes les plus élevées du pays, telles que celles du *Popocatépetl* et du *Citlaltépetl* ou d'*Orizaba*. Ce terrain s'élève, sur les flancs de ces géants des montagnes mexicaines, jusqu'à la limite de la végétation arborescente, qui s'élève elle-même, dans cette région, jusqu'à la hauteur de 3800 mètres au-dessus du niveau de la mer; il y atteint souvent en outre, surtout vers les bases, 60, 80 et jusqu'à 100 mètres, et peut-être plus, de puissance.

Ce dépôt, d'une composition assez homogène, renferme cependant tous les blocs et fragments détachés et roulés des montagnes qu'il recouvre, en sorte que, sur certains points, il semble ne constituer que le ciment d'un conglomérat formé des débris des roches sous-jacentes (2); et, comme il est en partie de formation très moderne, puisqu'il continue à se former encore aujourd'hui, il présente généralement peu de consistance; c'est, en un mot, un terrain assez meuble; aussi, quand les pluies torrentielles de cette région tropicale viennent à le raviner, elles y forment en très peu de temps des *barrancas*, sortes de coupures extrêmement profondes, où les grands arbres de la surface, à mesure qu'ils sont entraînés par les éboulements, vont s'engloutir avec les terres qui les accompagnent, et que le torrent reporte bientôt ensuite sous forme d'alluvions fluviales vers la plaine.

En parcourant une de ces barrancas qui s'était récemment formée, près de l'usine de *San-Rafael*, située au pied de l'*Iztaccihuatl* (la Dame-Blanche), nous avons constaté, M. Jules Guillemin et moi, au milieu de la masse argileuse, en général sans apparence de stratification, plusieurs zones ou strates bien

(1) Malgré cette espèce d'enveloppe, dont on pourrait presque dire que la puissance correspond à l'antiquité du volcan, on reconnaît néanmoins toujours facilement, à distance, leur nature basaltique, par suite de la vigoureuse végétation généralement composée de conifères qui les recouvrent et les caractérisent.

(2) La formation particulière de ce terrain pourra peut-être expliquer celle du ciment de la plupart des brèches, de certains poudingues et conglomérats, etc.

distinctes et intercalées d'une espèce de conglomérat fin d'un gris blanchâtre et verdâtre présentant à l'œil l'aspect d'un grès, mais que nous reconnûmes bientôt être des espèces de cinérites; et, comme d'un autre côté j'ai constaté que l'Iztaccihuatl, qu'on désigne bien à tort dans le pays sous le nom *du Volcan*, ne présente ni cratère, ni trace de volcan, mais est entièrement composé de porphyres, il en résulte que ces couches de cinérites correspondent à autant d'éruptions anciennes soit du Popocatépetl d'ailleurs assez voisin et le seul cône éruptif de la chaîne proprement dite, soit de quelques-uns des volcans secondaires de la base qui se présentent avec leurs bouches ignivomes encore béantes, à quelque distance de là (1).

M. Guillemin, qui a dirigé pendant quelque temps les belles forges à fer de Saint-Raphaël, appartenant aujourd'hui à MM. de Rothschild, a su profiter d'une manière très heureuse du peu de cohésion de ce terrain argileux, pour ouvrir rapidement et à très peu de frais des routes charretières qui lui ont permis d'aller exploiter les sommets les plus élevés où jusque-là les gens

---

(1) Ces cônes volcaniques, entièrement recouverts aujourd'hui par le terrain qui nous occupe, sont ceux de *Checonquiuqua*, de la *Tonnal*, d'*Elatlucacho*, de *Tesoncacahuapa*. Plus à l'est, du côté de Mexico, on rencontre encore la *Cochumau* qui, s'élançant du milieu du lac de Chalco, présente trois cônes réunis; puis *El Cerro de la Caldera* (montagne de la Chaudière), et enfin le volcan d'*Ayotla*, très connu de tous les voyageurs qui, en se rendant à Mexico, ne manquent jamais, lorsqu'ils sont à son pied, d'admirer la conservation parfaite de son cône d'éruption et de son beau cratère. Vers l'ouest, on trouve encore à Ameca-Meca, la petite colline de *Sacro-Monte*, composée d'un demi-cratère, dont l'autre moitié se trouve aujourd'hui noyée sous les alluvions pluviales de la plaine. Cette colline, quoique paraissant être le résultat d'éruptions qui semblent à peine dater d'hier, est cependant déjà enveloppée d'une calotte argileuse parfaitement identique avec celle qui recouvre, à quelques kilomètres de là, les flancs de la chaîne. C'est cette calotte, que je ne pouvais m'expliquer, qui a fait naître mes doutes sur son mode de formation, et a commencé à me mettre sur la voie de sa véritable origine. Enfin, plus à l'ouest encore et tout à fait à la base du Popocatépetl même, on rencontre le beau cône d'éruption de *Cullacan*, et celui d'*Ozumba* avec ses *hornitos* (petits fourneaux), charmants petits cratères d'éruption en miniature, de 12, 15 à 18 mètres seulement de hauteur, qui, comme des satellites, entourent sa base, de même que toutes les bouches ignivomes qui viennent d'être énumérées sont en quelque sorte les sentinelles avancées du majestueux et resplendissant Popocatépetl (montagne qui fume), de ce beau dominateur des montagnes d'Anahuac.

du pays ne pouvaient guère atteindre, les belles forêts principalement composées d'*Oyameles* et d'*Ocotes* (*pinus religiosa* et *p. variabilis*) qui flanquent les montagnes et contre-forts environnants.

J'avais d'abord assez naturellement pensé que ce terrain était, comme celui de la plaine, formé par les alluvions pluviales résultant de la désagrégation séculaire des roches qui constituent les montagnes qu'il recouvre; mais bientôt je me suis aperçu que ce mode de formation ne pouvait rendre compte de l'espèce de calotte qui enveloppe entièrement les sommets isolés de la plaine. Ayant constaté en outre que les deux chaînes citées sont exclusivement composées d'éléments volcaniques et porphyriques, lesquels n'ont certainement pu donner naissance au dépôt argilo-marneux jaunâtre dont il s'agit, puisque d'un côté les cinérites meubles qui forment la base du cône d'éruption du Popocatépetl sont d'un gris cendré tirant généralement sur le noirâtre, excepté quand la pumite domine, et que de l'autre l'Iztaccihuatl, le Telapon et le reste de la chaîne sont entièrement composés de roches porphyriques qui donnent lieu par leur décomposition à une espèce d'argile également d'un gris cendré ou bleuâtre qui ne peuvent pas plus que les cinérites avoir été transformés en argile jaune; d'ailleurs au contact ou à la jonction des deux terrains, il est facile de reconnaître dans le mélange qui s'y forme ce qui appartient à l'un ou à l'autre dépôt. Les circonstances géologiques sont absolument les mêmes dans la chaîne de l'Orizaba. Le Citlaltépetl (montagne qui brille comme une étoile), son unique cône d'éruption, également placé à son extrémité sud, est aussi composé de débris volcaniques, tandis que le reste de la chaîne, jusques et y compris le *Nauhcampatépetl* (montagne carrée) ou *Coffre de Perote*, est à base de porphyre et n'est pas plus volcanique que l'Iztaccihuatl.

Quant à supposer que ce terrain aurait pu être soulevé en même temps que les chaînes elles-mêmes, cela n'est pas plus admissible, puisqu'on y trouve parfois des débris de poteries ou de bois carbonisés qui annoncent une origine, en partie du moins, postérieure à l'existence de l'homme. Enfin, en examinant la configuration de cette partie du Mexique, on reconnaît qu'aucune des montagnes qui les entourent, si on en excepte le *Nevado de Toluca*, autre volcan présentant encore à peu près la même série de faits géologiques, n'atteint la hauteur de la limite de la végétation arborescente qui est en même temps celle du terrain qui nous occupe, en sorte qu'il n'est pas plus admissible qu'il puisse jamais avoir été formé aux dépens de leurs débris.

D'où pouvaient donc provenir les éléments qui le composent?

Telle est la question que je m'étais posée bien des fois, lorsqu'en réfléchissant à un des phénomènes météoriques les plus curieux, que je crois particulier au grand plateau mexicain ou *Mesa d'Anahuac* (1), du moins je n'ai eu occasion de l'observer que là, j'ai cru en trouver l'explication toute naturelle. Ce phénomène qui m'avait vivement frappé, lors de mon arrivée au Mexique (2), est celui des trombes de poussière, désignées sous le nom de *remo-*

---

(1) En disant que je regarde le phénomène des petites trombes de poussière comme particulier au plateau mexicain, c'est parce que je le considère ici comme un phénomène habituel, et pour ainsi dire journalier et permanent; car j'ai eu plusieurs fois occasion d'observer ailleurs des trombes analogues, et j'en ai signalé, il y a déjà quelque trente ans, dans le journal de Saint-Étienne, une remarquable qui s'était formée dans les rues habituellement fort poudreuses de cette ville. Un de mes amis, M. Delorme, ingénieur des mines, m'a dit avoir vu souvent, quand il habitait la Suisse, ce phénomène se produire dans les hautes régions des montagnes avec un sifflement assez prononcé, et il assure même que le tourbillonnement de l'air peut parfois s'y distinguer à l'œil.

(2) Rien n'est plus capable d'impressionner, en effet, l'homme un peu observateur que le spectacle dont j'ai été témoin, lorsqu'après avoir traversé la *Sierra-Nevada* (l'Iztaccihuatl), je me trouvai, en quittant la région froide, humide et sombre des nuages, plongé tout à coup dans une atmosphère chaude, et que je vis s'étaler devant moi, toute rayonnante de lumière, l'immense plaine de Mexico avec ses lacs, ses villes, ses villages, ses églises, ses couvents, ses montagnes, que je dominais d'une grande hauteur, et que je voyais, comme pour compléter ce tableau admirable, s'élever, de distance en distance, de ces *remolinos de polvo*, semblables à des minarets mobiles, disparaissant et se renouvelant sans cesse.

Ce phénomène se produit aussi quelquefois dans les régions montagneuses; seulement, comme là il rencontre rarement des corps légers à soulever, il ne s'y manifeste que par un bruit qui ressemble un peu au rugissement du lion. On concevra donc que dans une région où les *pumas* ou lions d'Amérique (*Felis discolor*) et les léopards (*Leopardus pardalis*), désignés sous le nom de *tigres*, abondent, ce bruit rauque, arrivant à l'improviste, n'a rien de bien rassurant. Aussi mon premier mouvement, lorsque je l'entendis pour la première fois paraissant s'approcher rapidement, fut-il de me mettre en garde contre l'ennemi supposé. J'étais donc là, mon fusil armé, l'œil fixé vers le côté où le frémissement des branches du fourré me faisait penser qu'il arrivait grand train, lorsque le bruit et l'agitation cessèrent inopinément, en même temps que je vis tourbillonner au-dessus de ma tête quantité de feuilles mortes et de ramilles légères qui, en s'abattant autour de moi, me donnèrent l'explication d'un bruit que j'avais pris tout d'abord pour le rugissement de quelque bête fauve.

linos de polvo ou tourbillons de poussière que l'on voit très fréquemment se former à la fois sur un grand nombre de points des plaines. Ces trombes enlèvent la poussière qui les recouvrent (1), laquelle tourbillonne et s'élève en spirale avec une grande rapidité, sous forme de colonnes minces jusqu'à des hauteurs très considérables que je n'estime pas moins de 5 à 600 mètres en moyenne; bientôt ces trombes se résolvent d'un côté, pendant qu'il en surgit d'autres sur d'autres points; mais la poussière ainsi enlevée au sol reste en partie en suspension dans l'atmosphère et quelquefois en assez grande abondance pour que celle-ci en soit un peu obscurcie et prenne une légère teinte jaunâtre.

A ces faits, si l'on ajoute que dans les régions très montagneuses, surtout quand les montagnes présentent des crêtes chargées de glaciers et de neiges perpétuelles, comme celles de la partie du Mexique qui nous occupe; que dans ces régions élevées, dis-je, il existe comme sur le rivage de la mer des courants d'air intermittents, lesquels se chargent de transporter dans un sens ou dans un autre, et jusque vers les régions les plus hautes, la poussière enlevée à la plaine, on concevra facilement que partout où cette poussière rencontrera une végétation, mais surtout une végétation arborescente, elle devra être arrêtée et fixée au sol, tandis que celle qui se dé-

---

(1) Cette poussière, généralement d'un blanc jaunâtre, mais quelquefois à teintes plus foncées, est le résultat des alluvions pluviales provenant de la désagrégation des roches constituant les montagnes environnantes. Ces détritus donnent lieu à un terrain qui prend rapidement une assez grande dureté, et qu'on désigne dans le pays sous le nom de *tépétaté*. Il continue à se former tous les jours, et se compose en général d'un mélange de zones blanchâtres, marneuses, provenant particulièrement de la désagrégation des calcaires, et de zones d'un jaune brunâtre ou brunes, beaucoup plus argileuses, provenant surtout de la décomposition des porphyres. On pourrait donc jusqu'à un certain point dire à l'avance, à l'inspection seule de ce terrain de tépétaté, quelle est la composition des terrains circonvoisins. Ces zones s'enchevêtrent parfois entre elles d'une façon fort bizarre, et présentent un assemblage qui ressemble plus à des masses endosmosées qu'à un terrain formé par des alternances successives. Cela s'explique par la manière dont ces dépôts, qui sont la conséquence des phénomènes atmosphériques, ont été formés. Dans ces plaines, la plupart sans issues, où les eaux n'ont pas de direction constante, les débris entraînés par les pluies diluviennes sont transportés tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, ou bien sont ramenés en sens inverse, suivant le caprice des orages et la direction que prennent ces météores aqueux.

pose sur les pentes dénudées, où rien ne peut la retenir, est bientôt rendue aux vallées, où elle est de nouveau entraînée par les eaux pluviales. On concevra donc facilement aussi, d'après ces faits et considérations, qu'un transport aérien semblable et souvent répété doit arriver à constituer encore assez rapidement un sol ou accroître beaucoup celui qui existait déjà, quand la végétation vient lui prêter son concours.

Si au Mexique le phénomène des trombes contribue à rendre la formation des terrains aériens plus rapides, ailleurs l'action de certains vents régnants ne doit pas moins concourir à la formation de dépôts analogues, et il est très probable que beaucoup de ces dépôts considérés jusqu'ici comme le résultat des seules alluvions pluviales, étudiés et examinés de nouveau avec soin, seront rangés parmi les formations aériennes, ou tout au moins devront être considérés, ainsi que les terrains fluvio-marins, comme ayant une origine mixte, c'est-à-dire qu'ils seraient dus au concours simultané d'alluvions pluviales et aériennes. Ne sont-ce pas les vents qui transportent les sables roulés par la mer et qui forment ces *dunes* d'origine aérienne, dont la marche parfois assez rapide est une menace continuelle pour les populations de certains rivages (1)? N'est-ce pas le *sirocco*, ce vent chaud et fatigant des déserts de l'Afrique qui, apportant avec lui des sables excessivement fins, occasionne aux voyageurs des ophthalmies souvent fort dangereuses? Ne sont-ce pas les vents qui occasionnent ces tourmentes terribles des déserts de l'Asie et qui menacent sans cesse d'engloutir les caravanes entières sous des montagnes de sables soulevées et transportées par eux? Ne sont-ce pas les vents encore qui transportent parfois à plusieurs centaines de lieues ces masses de cendres lancées dans l'espace par les éruptions volcaniques? Ainsi, on le voit, les courants aériens et les vents, dont on n'avait pas tenu compte jusqu'ici, ont joué un grand rôle dans les phénomènes géologiques et

(1) Sur toutes les plages de la côte occidentale de l'île de Sardaigne existent des sables mouvants, que les vents d'ouest et du nord-ouest qui y soufflent très fréquemment et avec une grande violence tendent continuellement à élever. J'y ai reconnu, non loin du cap Pecaro, province d'Iglesias, que sur un des rameaux de la chaîne de Monte-Vecchio, voisin de la mine de plomb argentifère de Genna-Mare, ces sables atteignent environ 400 mètres de hauteur! Après s'être successivement élevés sur les flancs du chaînon, ils finissent par atteindre les sommets, puis se déversent ensuite sur le versant opposé, en sorte que la montagne disparaît successivement sous des masses considérables de sables qui constituent ici un véritable terrain de transport aérien.

ont contribué peut-être autant que les pluies, que les lacs, que les rivières, à la formation des terrains épigéiques.

Comme je l'ai dit, le terrain météorique ou aérien du Mexique, est généralement très meuble et très spongieux ; mélangé comme il l'est à la surface avec les aiguilles caduques qui se détachent journellement des conifères, il constitue un terrain absorbant par excellence ; c'est une vraie masse hydroscopique qui a l'avantage d'absorber et de retenir les eaux pluviales, d'empêcher les inondations ou au moins de les atténuer beaucoup, en même temps qu'elle contribue à rendre permanents les cours d'eau qui la traversent.

La nature, en tendant à régénérer sans cesse le sol de nos montagnes, agit en sens inverse de l'action dévastatrice de l'homme, qui, aussi bien dans les pays civilisés que dans les contrées barbares, tend sans cesse, lui, à le détruire (1) ; elle nous indique par là l'un des meilleurs moyens, sinon d'empêcher complétement, du moins de diminuer beaucoup le mal occasionné par les inondations, celui de régénérer le sol de nos montagnes pour arriver à leur reboisement ; après quoi elle se chargera elle-même d'entretenir et d'améliorer notre travail. Mais ce moyen d'arrêter ou de diminuer le mal, dont tout le monde reconnaît aujourd'hui plus ou moins l'importance et l'opportunité, présente de grandes difficultés d'exécution et ne sera pas toujours facile à atteindre.

Les connaissances géologiques, au point de vue de l'application pratique, pourront seules éclairer d'abord la marche de l'opération, car il ne sera pas indifférent de commencer par tel groupe de montagnes plutôt que par tel autre. En effet, les terrains qui composent la surface du globe, sous le rapport de leur plus ou de

---

(1) Dans les pays civilisés, c'est par les défrichements que l'homme procède à la destruction des forêts ; dans les pays encore peu civilisés, comme la Grèce, le Turquie d'Europe, l'Asie Mineure, l'Algérie, les États barbaresques, l'Amérique, etc., dont je puis plus particulièrement parler en connaissance de cause, c'est par l'incendie qu'il arrive au même résultat. Les bergers, dans le seul but de procurer des pacages à leurs troupeaux, finissent, en les incendiant, par détruire des forêts entières ! Aux incendies, qu'on aperçoit quelquefois briller tout autour de soi, succèdent les pluies, et, en très peu d'années, il ne reste plus à la place des magnifiques forêts séculaires qui couvraient les montagnes, et y entretenaient un sol fertile et hydroscopique, que des rochers nus et stériles, incapables de retenir les eaux qui se précipitent alors dans les vallées en torrents impétueux, en même temps que disparaissent les sources et cours d'eaux vivificateurs de l'agriculture.

leur moins de perméabilité, qu'il est très important de pouvoir apprécier et de prendre en très grande considération, peuvent, sous ce rapport, se diviser suivant les principes reconnus et si bien mis en pratique par M. Belgrand, en trois groupes principaux, savoir :

1° celui des terrains imperméables;

2° celui des terrains semi-perméables;

et 3° celui des terrains perméables ou absorbants.

Cette division une fois adoptée et bien établie, il est évident que l'opération du reboisement devra commencer par les terrains de la première classe, dont la spécification n'a ici qu'une valeur relative, parce que n'ayant pas la propriété de pouvoir retenir les eaux pluviales, ce sont ceux dont les dénudations contribuent le plus à augmenter l'intensité des inondations. Cette classe comprend tous les terrains massifs, tels que les granites, les trapps, les porphyres et les roches feldspathiques; les schistes argileux et cristallins; les argiles, etc.

Les terrains de la seconde classe, absorbant au contraire une partie des eaux pluviales, peuvent par conséquent, lorsque le reboisement ne pourra se faire que partiellement, attendre sans trop d'inconvénient que l'opération soit terminée sur les terrains de la première classe. Ils comprennent quelques grès peu fendillés, et les formations calcaires ou marneuses alternant avec des argiles, mais avec des argiles très peu puissantes, etc.

Quant aux terrains absorbants de la troisième classe, envisagés au point de vue seul des inondations, on pourrait très bien se dispenser de procéder à leur reboisement, parce qu'ils absorbent quelquefois tellement rapidement les eaux du ciel, que c'est à peine si, dans les plus fortes pluies, ils en laissent arriver quelque peu dans les vallées. Je pense cependant que, sous le point de vue agricole et économique, leur reboisement ne sera pas moins utile, en ce sens qu'une végétation arborescente a toujours une grande valeur, et qu'un sol hydroscopique, en maintenant une humidité convenable, contribue à l'alimentation et à la permanence des sources et petits cours d'eau si importants pour l'irrigation des vallées. Cette classe de terrains comprend les gros sables et les graviers, tous les terrains fendillés, comme la plupart des calcaires, des grès, etc.

Après les reconnaissances du géologue arrivent les travaux de l'ingénieur, sur lesquels il serait au moins déplacé de m'étendre ici : or, c'est là surtout que se présentent les vraies difficultés du problème! Décréter le reboisement des montagnes sera chose

toujours facile, mais comment y arriver? comment ramener d'abord une suffisante quantité de terre pour y procéder? Il est évident que, pour qui a étudié un peu la question dans les montagnes mêmes, la chose sera, dans beaucoup de points, économiquement et matériellement impossible, et qu'on sera obligé d'attendre pour ces points le concours lent, très lent, mais bien réel de la nature, qui se chargera successivement en procédant de proche en proche des endroits où l'industrie humaine ne pourra pas atteindre. Néanmoins, à l'exception de ces points les plus élevés des chaînes de montagnes, il est rare que la plupart des sommets ou massifs qui les constituent ne soient pas dominés par des dépressions en forme de vallées, où la végétation a persisté forte et vigoureuse. Cette circonstance tient à ce que ces *combes*, ainsi qu'on les appelle dans quelques contrées, correspondent à des étages argileux, et que ceux-ci, donnant lieu à des sols profonds qui retiennent l'humidité, constituent des horizons de pacages, de prairies, de champs cultivés, qui permettent aux populations rurales de s'y maintenir.

Dans ces circonstances, il sera toujours plus ou moins facile d'emprunter, à peu de frais, à ces espèces de vallées privilégiées, la terre nécessaire à la reconstitution d'un sol qui permettra ensuite le reboisement, et, si l'on adoptait le moyen que j'indiquais déjà sommairement en 1844 (1), l'opération se réduirait à un nouveau genre de colmatage, à l'aide de rigoles et d'une série de petits bassins de limonage.

Au reboisement des montagnes, comme moyen de diminuer les inondations, il conviendrait d'ajouter la réglementation à laquelle je crois qu'il serait de la plus haute importance de soumettre les terres montueuses, afin d'empêcher l'essartage et le labourage de celles dont la déclivité est trop forte et atteint par exemple une inclinaison de quinze degrés, qui m'a paru être à peu près la limite qu'il conviendrait de ne pas dépasser (2). Au delà de cette limite, il y a toujours préjudice pour le propriétaire de labourer le sol, en même temps qu'il en résulte un grave inconvénient sous le rapport de la retenue des terres qui sont trop facilement entraînées par les pluies. J'ai eu plus d'une fois occasion de constater, dans la Bourgogne et dans le Morvan, que l'essartage et le

(1) Voy. *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. I, p. 782.

(2) Une série d'expériences et une plus longue pratique pourront seules, au reste, fixer définitivement la limite d'inclinaison au delà de laquelle il y a inconvénient à défricher.

labourage des collines granitiques à pentes trop inclinées, après quelques années d'une culture misérable qui fournissait à peine, en seigle ou en avoine, de quoi payer les frais du cultivateur, non-seulement les rendaient tout à fait improductives et incultes, mais encore qu'ils contribuaient d'une manière très fâcheuse, par la masse d'arène granitique que ces collines fournissaient alors, au comblement et à l'ensablement des vallées qui ont toujours été en croissant d'année en année depuis le commencement de ce siècle, époque où ont commencé les principaux défrichements de la contrée.

Ce qu'il conviendrait le mieux de faire dans les terrains inclinés, généralement de peu de valeur, autant pour remédier au mal que pour en empêcher la dépréciation par un appauvrissement successif du sol végétal, ce serait d'éviter par-dessus tout le remuement des terres qui en favorise l'enlèvement par les eaux pluviales, de procéder à leur reboisement et de veiller à la conservation, qui devrait être forcée, des bois encore existants, et enfin de créer, dans les circonstances convenables, des prairies naturelles.

M. Raulin dit qu'en voyant en 1845 les parties de la surface des hauts plateaux et des montagnes de l'île de Crète exclusivement formées par des calcaires assez purs, compactes ou légèrement grenus, recouvertes par des terres végétales brun rougeâtre, très fines, de nature argileuse et sableuse, il n'avait pu se rendre compte de leur présence en ces lieux qu'en supposant qu'elles étaient le résultat de l'accumulation de matières pulvérulentes transportées par les vents, et empruntées à d'autres points de l'île souvent à une altitude inférieure. Il voit avec le plus grand plaisir le fait si intéressant énoncé par M. Virlet venir confirmer de la manière la plus complète l'hypothèse qu'il avait faite, et qu'il regardait seulement comme très probable.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante :

Description de la faille du château Mal-Vêtu, par M. Th. Ébray.

Le département de la Nièvre se fait remarquer par l'abondance des failles qui s'y manifestent et qui jettent souvent de grandes difficultés dans l'analyse des étages géologiques. Il importe déjà

sous ce rapport de se rendre un compte exact de ces accidents ; on sait d'ailleurs que dans ces derniers temps on s'est basé sur les failles pour établir des théories sur la formation de notre globe.

Dans une note précédente sur la description géologique du Mont-Apin, près Nevers, j'ai examiné l'action d'une faille qui se produit au domaine le Sac ; j'examinerai dans ces quelques lignes un accident semblable qui se manifeste très clairement au château Mal-Vêtu, près la Charité.

Je me bornerai à décrire et à préciser le phénomène en lui-même : ce n'est que plus tard que j'examinerai la direction des grandes lignes de rupture.

Le château Mal-Vêtu est situé à 5 kilomètres de la Charité et à 2 kilomètres des bords de la Loire ; un chemin vicinal reliant la Charité à Guérigny passe dans cette localité aux environs de la borne kilométrale n° 6 en déblai dans l'étage corallien ; à 200 mètres de la borne, en se dirigeant vers Guérigny, le terrain change subitement et l'on se trouve sur cette partie de l'étage callovien que l'on rencontre aux environs de Nevers et à Guérigny, et qui se trouve caractérisée paléontologiquement par l'*A. Banksii*, minéralogiquement par un calcaire argileux, tendre, en bancs épais de $0^m,50$ à 3 mètres, contenant souvent des silex gris qui sont d'une grande dureté.

L'étage oxfordien, si puissant et si bien caractérisé sur les bords de la Loire, paraît avoir disparu en entier ; cette apparence de disparition indique l'existence d'une faille dont l'importance se détermine facilement, comme nous allons le voir.

L'étage oxfordien se compose, aux environs de la Charité, de trois systèmes d'assises parfaitement distinctes. Les assises inférieures, si remarquables par l'abondance des fossiles, et dans lesquelles abondent l'*Ammonites biplex*, l'*A. perarmatus*, l'*A. cordatus*, se composent d'une série de couches généralement minces et oolithiques ; les oolithes sont presque toujours ferrugineuses ; l'épaisseur de ces assises est faible et ne dépasse pas 5 ou 6 mètres. Au-dessus de ces premiers dépôts, affleurent le long de la Loire, des bancs d'un aspect minéralogique entièrement différent ; généralement épais, la gelée les attaque et les détruit facilement ; ils sont grenus et contiennent une masse considérable de spongiaires, qui dans d'autres localités se mélangent aux couches inférieures. Mais ici, la séparation est complète et prouve qu'une crise violente a mis fin, dans cette localité, à un dépôt côtier qui fut bientôt remplacé par des sédiments provenant d'une mer profonde.

Au-dessus de cette partie, d'une épaisseur de 6 à 7 mètres, se

trouve une série puissante de bancs argileux, d'une épaisseur uniforme de $0^m,20$ à $0^m,25$; ces bancs, qui passent insensiblement au calcaire oolithique de l'étage corallien, contiennent encore des fossiles oxfordiens et ont une puissance de 40 à 50 mètres.

L'ensemble de l'oxfordien peut donc être évalué à 70 mètres environ.

Le corallien commence par des bancs oolithiques, épais, gelifs, peu fossilifères et généralement tendres; la partie inférieure de ces bancs présente cependant des parties dures.

Au-dessus de ces bancs, dans lesquels sont taillées d'importantes carrières et qui acquièrent près de 20 mètres d'épaisseur, se remarquent des parties argileuses qui ont beaucoup d'analogie avec les parties supérieures de l'oxfordien; au-dessus de ces bancs argileux vient ensuite la portion crayeuse du corallien, qui se trouve surmontée par des assises lithographiques quelquefois assez puissantes; ces sous-étages peuvent encore être divisés en groupes d'une importance secondaire; mais il serait trop long de s'en occuper ici.

Je renvoie, pour la composition du callovien, à mes notes sur le Mont-Apin, sur le *Dysaster elliptieus* et sur le diluvium de la Nièvre.

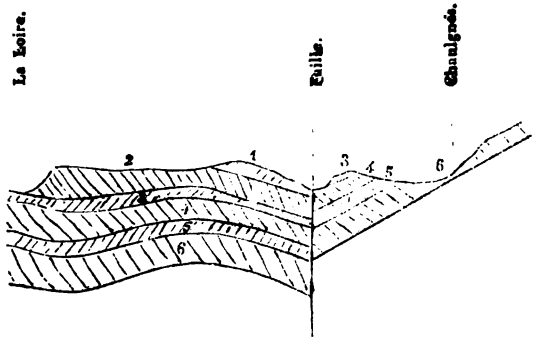
Nous pouvons donc maintenant déterminer avec précision de quelle quantité l'écorce terrestre s'est affaissée.

D'après la dureté de la roche et son aspect oolithique et en même temps siliceux, l'origine de l'étage oxfordien se trouve à 10 mètres au-dessous du corallien à l'endroit de la faille; d'un autre côté on voit le calcaire à chailles reposer sur les dernières assises de la partie moyenne du callovien en contact avec le corallien de la faille.

Comme le calcaire à chailles a une épaisseur approximative de 5 mètres, l'importance totale de la faille se compose:

1° Étage oxfordien.	70 mètres.
2° Étage corallien.	10 —
3° Calcaire à chailles.	5 —
	85 mètres.

La coupe ci-jointe est faite suivant une ligne qui relie la Marche à Chaulgnes, passant par la faille au kilomètre-borne.



M. Raulin rappelle que depuis une douzaine d'années M. Delgrand et lui ont signalé ou reconnu à diverses reprises, dans le pays compris entre l'extrémité septentrionale du Morvan et la vallée de la Loire, dans les départements de l'Yonne, de la Nièvre, du Loiret et du Cher, plus d'une demi-douzaine de failles courant presque toutes du N.-N.-E. au S.-S.-O., et ayant occasionné des différences de niveau de 30 à 100 mètres. M. Ébray ayant négligé de donner la direction de celle qu'il vient de signaler, il n'est pas possible de savoir si elle vient former un nouvel élément du système déjà connu, ou bien si elle appartient à un nouveau système différemment orienté.

Le Secrétaire donne lecture de la notice suivante de M. Ébray:

Sur le *Dysaster ellipticus*, par M. Ébray.

Le *Dysaster ellipticus* occupe, comme on le sait, l'étage callovien; mais il ne s'y trouve pas partout avec la même abondance.

Je l'ai rencontré dans tous les bassins et dans beaucoup de départements: principalement dans la Sarthe, les Deux-Sèvres, la Vienne, le Cher, la Nièvre, l'Yonne et le Doubs; les localités qui paraissent en fournir le plus sont situées sur une ligne passant par Nérondes (Cher), Germigny (Nièvre), la Malle, Pougues, où certaines couches en sont pétries.

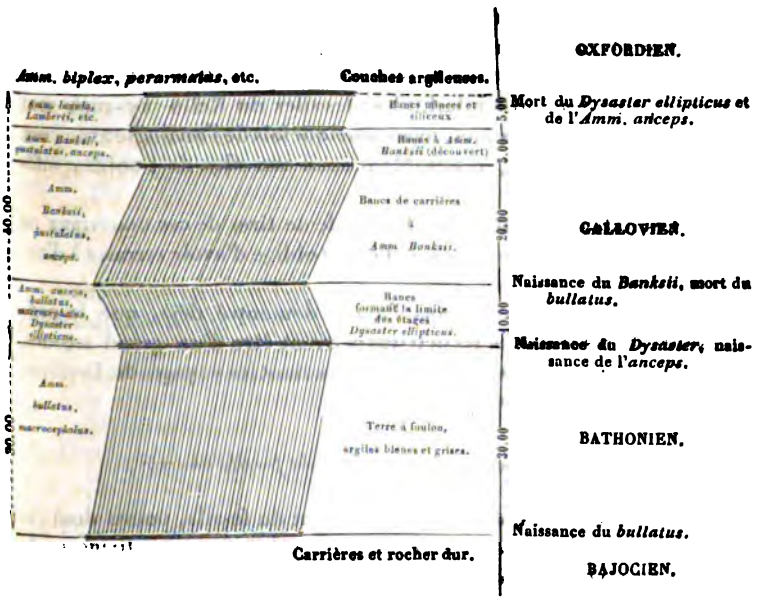
Pour se rendre un compte exact de la situation géologique de ce fossile, il convient d'étudier en détail les différentes assises de l'étage callovien du Nivernais.

L'étage bathonien se compose, dans le département, de la terre à foulon dont les assises paraissent en entier dans les carrières de la Grenouille, près du Guétin, et d'une couche argileuse bleue, entièrement semblable comme aspect minéralogique à celle du lias supérieur.

Cette couche contient des fossiles appartenant aux étages bathonien et callovien ; on y trouve l'*Ammonites macrocephalus*, *Herveyi*, *hecticus* et peut-être aussi le *Dysaster ellipticus*, mais seulement dans les couches les plus supérieures, qui peuvent être considérées comme le fond des mers dans lesquelles le *Dysaster* a pris naissance.

Au-dessus de ces couches argileuses se rencontrent des couches tendres, souvent ferrugineuses, qui contiennent le *Dysaster* à son maximum de développement numérique ; ces couches tendres se trouvent surmontées par les assises puissantes qui fournissent les pierres de construction à la ville de Nevers ; elles sont caractérisées par l'*A. Banksii* à l'état adulte. L'étage callovien se termine par une série de petites couches siliceuses à Pholadomyes et à Ammonites.

Voici la coupe des terrains :



Affleurement des étages entre Nevers et Tours.

Si maintenant nous partons de l'affleurement des couches à

Dysaster en nous dirigeant vers Tours, nous rencontrons les étages suivants :

Oxfordien commençant à la Marche (Nièvre) et finissant à 1 kilomètre en aval de la Charité.
Corallien commençant à 1 kilomètre de la Charité et finissant à 1 kilomètre en aval de Pouilly.
Kimmérigdien commençant à 1 kilomètre en aval de Pouilly et finissant aux Loges.
Portlandien commençant aux Loges et finissant à Boisgibault (Nièvre).
Néocomien caché par les sables.
Gault à Saint-Satur (Cher).
Cénomanien commençant à Tracy et finissant entre Vierzon à Tours.
Turonien finissant momentanément à 2 kilomètres au delà de Tours, où apparaissent les premières assises de l'étage sénonien.

Nature des détritus qui recouvrent les terrains.

Ces terrains se trouvent couverts de détritus roulés qui portent l'empreinte d'un charriage plus ou moins long ; généralement durs et siliceux, ils résultent de l'enlèvement des particules tendres des roches ; la nature minéralogique de ces silex indique quelquefois le point de départ ; mais le plus souvent la couleur et la dureté ne sont point des signes infaillibles ; les silex du Kello ·ay-rock sont tantôt gris, tantôt jaunes, ayant quelquefois de l'analogie avec ceux de l'étage corallien, ressemblant aussi aux silex de l'oolithe inférieure.

Les inductions qu'il serait possible de tirer de ces matériaux ne peuvent donc être admises, et l'on est obligé d'avoir recours à d'autres indices.

Je pense, comme je crois l'avoir démontré déjà, que la présence de fossiles dans les détritus peuvent être d'un grand secours, et j'espère encore aujourd'hui, en étudiant les voyages du *Dysaster*, en donner une nouvelle preuve.

Distribution géographique du fossile charrié.

En quittant les points d'affleurement du fossile, points dont j'ai déterminé plus haut la position géographique, en se dirigeant de Pougues vers la Charité par exemple, on rencontre à la superficie des terrains coralliens une grande quantité de silex jaunes au milieu desquels se trouve en abondance le *Dysaster ellipticus*. Ce fossile est tellement commun dans ces localités, qu'il est possible d'en recueillir quelquefois 6 ou 8 dans l'espace d'un mètre superficiel ;

il est généralement assez bien conservé, mais on reconnaît facilement l'action énergique de l'eau.

Ainsi le test se trouve enlevé; chez les plus maltraités, les ambulacres sont défigurés; rarement la bouche et l'anus sont remplacés par de simples dépressions.

En se dirigeant plus loin, vers le nord-ouest, on continue à rencontrer ce fossile, mais en moins grande abondance et seulement dans certaines places favorables aux dépôts des détritus charriés; le *Dysaster* se reconnaît encore facilement; les ambulacres sont remplacés par des traînées lisses; chez la plus grande partie la bouche et l'anus ont disparu; quelquefois, mais bien rarement, la conservation est plus complète et peut s'expliquer par la rupture d'un silex contenant le fossile.

Le degré d'usure se remarque sur les individus qui se trouvent entre Pouilly et Cosne dans les détritus qui couronnent les étages kimméridgien, néocomien et cénomanien, et qui se trouvent souvent à 60 mètres et plus au-dessus du niveau de la Loire.

Plus loin, le *Dysaster* devient peu à peu beaucoup moins commun : on le rencontre conservant la forme générale; il est difficile à reconnaître et son existence pourrait même être considérée comme hypothétique, si de loin en loin on ne rencontrait pas des individus mieux conservés.

Les dernières localités dans lesquelles j'ai trouvé le *Dysaster ellipticus* sont Tours et Amboise, éloignées environ de 200 kilomètres du point d'affleurement.

Échantillons envoyés à la Société.

Les individus que j'ai l'honneur d'envoyer à la Société géologique sont les suivants:

1. Trouvé à 4 kilomètres du point d'affleurement, aux environs de la Marche, à 50 mètres au-dessus du niveau de la Loire, sur l'étage oxfordien.
5. Trouvé à 15 kilomètres du point d'affleurement, entre Mesves et la Charité, à 20 mètres au-dessus du niveau de la Loire, sur l'étage corallien.
9. Trouvé à 40 kilomètres du point d'affleurement aux environs de de Cosne, à 15 mètres au-dessus du niveau de la Loire, sur les calcaires d'eau douce.
12. Trouvé par l'aiguilleur d'Amboise sur les hauteurs d'Amboise.
13. Trouvé à Tours sur les hauteurs.

Séance du 7 décembre 1857.

PRÉSIDENCE DE M. DAMOUR.

M. P. Michelot, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

Molar de Florian (Albert), professeur de mathématiques au collége Chaptal, rue Fontaine-Saint-Georges, 1, à Paris, présenté par MM. Clément-Mullet et le marquis de Roys;

Gouin (Léon), ingénieur civil des Mines, à Cagliari, île de Sardaigne (États Sardes), présenté par MM. Virlet d'Aoust et Rivot.

Le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, *Notices sur les gîtes de houille et les terrains des environs de Forges et de la Chapelle-sous-Drin, et sur les gîtes de manganèse et les terrains des environs de Romanèche (Saône-et-Loire)*, par M. Drouot, in-4, 368 p., et atlas in-f°. Paris, imprimerie impériale, 1857.

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants*, novembre 1857.

De la part de M. Eugène Dumortier, *Note sur quelques fossiles peu connus ou mal figurés du lias moyen* (extr. des *Ann. de la Soc. I. d'agricult., d'hist. nat., etc., de Lyon*), in-8, 23 p., 8 pl.

De la part de M. Gruner :

1° *Essai d'une classification des principaux filons du plateau central de la France*, etc., 1re part. (extr. des *Ann. de la Soc. I. d'agricult., d'hist. nat. et des arts utiles de Lyon*, 1856), in-8, 103 p., 2 pl.

2° *Description des anciennes mines de plomb du Forez*, 2e part. (extr. des *mêmes Annales*, 1857), in-8, 82 p., 2 pl.

De la part de M. Hugard, *Supplément du Manuel de géologie élémentaire*, par sir Charles Lyell; traduit par M. Hugard; in-8, 60 p. Paris, 1857, chez Langlois et Leclercq.

De la part de MM. F.-J. Pictet et Alois Humbert :

Matériaux pour la paléontologie suisse.

1° *Monographie des Chéloniens de la mollasse suisse*, in-4, 71 p., 22 pl.

2° *Description d'une Emyde nouvelle* (Emys Etalloni) *du terrain jurassique supérieur des environs de Saint-Claude*, in-4, 10 p., 3 pl. Genève, 1857, chez J. Kessmann.

De la part de M. W. C. Redfield, *Cape verde and Hatteras hurricane of aug.-sept.* 1853, *with a hurricane cart, and notices of various storms in the Atlantic and Pacific Oceans north of the Equator*, in-8, 32 p., 1 pl. New-Haven, 1854, chez B.-L. Hamlen.

De la part de M. Virlet d'Aoust, *Sur des œufs d'insectes servant à l'alimentation de l'homme, et donnant lieu à la formation d'oolithes dans des calcaires lacustres au Mexique* (extr. des *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, t. XLV, séance du 23 nov. 1857), in-4, 4 p.

De la part de M. A. Etallon, *Esquisse d'une description géologique du Mont-Jura, et en particulier des environs de Saint-Claude* (extr. des *Annales de la Soc. I. d'agric., d'hist. nat., etc., de Lyon*), in-8, 108 p., 1 carte, 1 pl. de coupes. Paris, 1857, chez J.-B. Baillière et fils.

De la part de M. A. Thomé de Gamond, *Étude pour l'avant-projet d'un tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France*, in-4, 183 p., 1 carte, 3 pl. Paris, 1857, chez Victor Dalmont.

De la part de madame veuve J. Thurmann, *Essai d'orographie jurassique*, œuvre posthume de Jules Thurmann, in-4, 168 p., 4 pl.

De la part de M. Fischer de Waldheim, *Ommatolampes et Trachelacanthus, genera piscium fossilium nova*, etc., in-4, 8 p., 2 pl. Moscou, 1851, chez Alexandre Semen.

De la part de M. W.-R. Weitenweber :

1° *Denkschrift über August Joseph Corda's*, in-4, 38 p. Prague, 1852.

2° *Systematisches Verzeichniss der böhmischen Trilobiten*, etc., in-8, 19 p. Prague, 1857.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1857, 2e sem., t. XLV, nos 20 à 22.

Société I. et centrale d'Agriculture. Bulletin des séances, 2e série, t. XII, n° 5, 1857.

L'*Institut*, nos 1246 à 1248.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée n° 106, 10e année, octobre 1857.

L'Ingénieur, nouv.-série, nos 7 et 8, juillet et août 1857, in-4.

Annales de la Société d'Émulation du département des Vosges, t. IX, 2e cahier, 1856.

The Athenæum, 1857, nos 1569 à 1571.

Lotos-Zeitschrift für Naturwissenschaften, 7e année, septembre 1857, in-8. Prague.

Revista minera, t. VIII, nos 180 et 181, 1857.

Revista de los progresos de las ciencias exactas, fisicas y naturales, t. VII, nos 7 et 8, octobre et novembre 1857.

The american journal of science and arts, by Silliman, vol. XXIV, nov. 1857, n° 72.

M. Sc. Gras fait la communication suivante :

Comparaison chronologique des terrains quaternaires de l'Alsace avec ceux de la vallée du Rhône dans le Dauphiné, par M. Scipion Gras (Pl. II). (p. 224)

Les dépôts désignés par le nom de *diluviens* ou plus généralement et d'une manière plus convenable, par celui de *quaternaires* (1),

(1) En publiant la suite de ses *Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine* (*Annales des sciences naturelles*, 1829, t. XVI, p. 102), M. Desnoyers a dit qu'il aurait nommé *quaternaires* les dépôts décrits dans son mémoire, s'il n'en avait été détourné par diverses considérations. La nouvelle expression, retirée par son auteur en même temps qu'elle était énoncée, n'en a pas moins passé dans la science. Quelques années après, M. Reboul (*Géologie de la période quaternaire ; Le-*

ont déjà été l'objet de nombreuses observations. Dans beaucoup de localités, ils ont été décrits avec un très grand soin, soit sous le rapport de leurs corps organisés fossiles, soit au point de vue de leur gisement et des phénomènes auxquels on pouvait les attribuer. Mais il manque à l'ensemble de ces dépôts un lien commun, celui de leur ordre chronologique. La remarque en a été souvent faite. Ce lien est cependant essentiel : on peut même dire qu'il constitue à lui seul presque toute la science ; car le but principal et le plus élevé de la géologie est d'écrire l'histoire ancienne du globe, et il n'y a pas d'histoire là où les événements ne peuvent être rangés par ordre de date.

Nous pensons que pour fonder la chronologie de la période quaternaire, il faudrait lui appliquer la méthode qui a été employée si heureusement pour les périodes plus anciennes et qui consiste à prendre un terme de comparaison. Ainsi, après que la série des terrains tertiaires dans le bassin de Paris et celle des terrains primaires et secondaires en Angleterre ont été bien connues, les géologues les ont considérées comme des types auxquels ils ont rapporté les groupes de couches observés dans les autres pays. Parmi les rapprochements qui ont été faits, il en est plusieurs qui, étant fondés sur un grand nombre de caractères communs, ne paraissent pas susceptibles d'être contestés ; ils constituent la partie positive de la science. Pour faire servir la même méthode à la classification des dépôts quaternaires, il conviendrait de choisir comme terme de comparaison une localité où ces dépôts présenteraient des caractères très nets, une extension considérable, un ordre de succession pouvant être constaté d'une manière rigoureuse, enfin une série plus complète que partout ailleurs. La grande plaine comprise entre le Rhône et le pied des Alpes du Dauphiné nous paraît réunir toutes ces conditions. Elle renferme des terrains de transport de nature variée et d'une puissance énorme ; nulle part ailleurs il ne s'est produit des érosions sur une échelle aussi gigantesque. La situation géographique des lieux explique pourquoi il en a été ainsi. On sait que les phénomènes diluviens se sont surtout développés dans le voisinage des grandes chaînes. Or, la plaine du Dauphiné est en communication directe par les vallées du Rhône et de l'Isère

---

vrault, 1833) s'en est servi pour désigner les formations modernes ou contemporaines de l'homme. Plus tard, la signification de ce mot a encore changé, et aujourd'hui l'on s'accorde à appeler *quaternaires* l'ensemble des dépôts compris entre l'horizon des marnes bleues subapennines et le commencement de la période actuelle.

avec le massif du Mont-Blanc, le plus élevé de l'Europe. Elle est assez rapprochée de ce groupe de montagnes pour offrir tous les dépôts diluviens qui en sont originaires; elle en est assez éloignée pour que ces dépôts en se superposant aient pu rester bien distincts : pour cette raison, elle présente leur succession très clairement et d'une manière complète.

Pour rapporter les dépôts quaternaires éloignés de la plaine du Dauphiné à ceux de cette contrée, on ne pourra pas suivre le procédé généralement adopté quand il s'agit de terrains plus anciens, procédé qui consiste à peu près exclusivement, comme on le sait, à comparer les fossiles. En effet, les restes organisés de la période quaternaire étudiés avec ardeur depuis quelques années ont bien fourni des lumières précieuses sur les variations du niveau de la mer et les changements de climat qui ont eu lieu pendant cette période, mais ils n'ont point servi à la partager en plusieurs époques distinctes se succédant dans un ordre déterminé. Cela tient à ce que les coquilles, soit terrestres, soit marines, qui vivaient alors, ne sont nullement caractéristiques, puisqu'en général elles ne diffèrent pas des espèces actuelles. Quant aux ossements de mammifères, si plusieurs appartiennent à des races perdues, ils sont néanmoins d'un faible secours pour la chronologie quaternaire, principalement à cause de l'incertitude où l'on est le plus souvent sur leur véritable date géologique. Comme ces ossements sont presque toujours roulés au milieu de matières meubles, ils peuvent provenir d'animaux qui ont vécu très longtemps avant le dépôt du terrain où on les a découverts, ou bien être beaucoup plus récents et y avoir été enfouis par un remaniement toujours difficile à distinguer. Ce n'est que dans quelques cas que leur identité d'âge avec la formation qui les renferme peut être regardée comme non douteuse.

A défaut de fossiles, il reste, pour établir la contemporanéité des terrains quaternaires, leur continuité géologique, leur liaison, leur parallélisme de superposition, leur similitude de gisement, enfin l'identité probable, soit des agents qui leur ont donné naissance, soit des circonstances physiques sous l'empire desquelles ils se sont formés. Nous croyons que des rapprochements fondés sur ces diverses considérations, en tenant compte dans certains cas de la nature des restes organisés, présenteront une certitude suffisante, supérieure à celle du parallélisme de beaucoup de couches tertiaires ou secondaires; car souvent, pour fixer l'âge de celles-ci, on se contente de la similitude ou quelquefois même de l'analogie de quelques coquilles.

Nous venons de dire qu'il conviendrait de choisir la plaine du Rhône comme terme de comparaison pour déterminer l'âge relatif des terrains de transport quaternaires. Nous avons indiqué en même temps d'une manière générale les caractères sur lesquels on pourrait s'appuyer pour cette détermination. Il nous reste à faire un essai de cette méthode. Le meilleur moyen de la justifier est en effet de la mettre à l'épreuve. Nous commencerons par l'appliquer aux dépôts diluviens qui s'étendent sur le versant oriental des montagnes du Forez et du Beaujolais. Ces montagnes séparant la Loire du Rhône et de la Saône touchent du côté de l'est à la plaine dauphinoise; leur étude est par conséquent nécessaire pour compléter celle que nous avons faite de cette dernière contrée. Nous nous transporterons ensuite sur les bords du Rhin où, comme on le sait, les terrains de transport sont très développés et présentent un grand intérêt.

Avant d'entrer en matière, il nous paraît indispensable de rappeler quelle a été, d'après nos observations, la série des phénomènes quaternaires dans la vallée du Rhône, puisque cette série doit être notre échelle de comparaison. Voici en peu de mots les résultats auxquels nous sommes parvenu (1).

---

(1) Voyez, pour plus de détails sur les terrains quaternaires de la vallée du Rhône, notre premier mémoire (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XIV, p 207).

Nous avons fondé l'ordre chronologique de ces terrains sur des faits nombreux de superposition et d'indépendance géologique, tous concordants entre eux. Cependant M. Lory, dans un mémoire récent (*Bull.*, 2e série, t. XV, p. 10), a présenté une succession presque entièrement opposée à la nôtre. En cherchant à nous rendre compte d'une aussi grande différence, il nous a paru qu'elle résultait de ce que le travail du savant professeur de géologie renfermait plusieurs erreurs matérielles. Nous nous bornerons à en citer une des plus saillantes. L'intérieur du diluvium alpin qui constitue les buttes de Saint-Clair à Lyon, sur la route de Genève, a été mis à découvert depuis quelques années par de larges et profondes coupures entreprises pour se procurer du remblai. Ce diluvium, que M. Lory assimile à son alluvion ancienne *sans cailloux rayés*, en est au contraire *rempli sur toute sa hauteur*. Ces cailloux s'y trouvent confondus pêle-mêle avec les débris marins qui ont été signalés pour la première fois par M. Jourdan. Ce mélange existe également sur l'autre versant du plateau qui regarde la Saône. En outre, sur cette formation puissante *remplie de cailloux rayés* reposent évidemment les alluvions de la Bresse, rangées par M. Lory dans la période tertiaire. Ce seul fait, qui est incontestable, suffit pour renverser toute l'économie du système chronologique imaginé par l'auteur. On pourra, au reste, se convaincre de son peu de

1° La période quaternaire a été ouverte, dans le Dauphiné, par des dislocations qui ont donné aux Alpes de ce pays leur relief actuel au-dessus des plaines environnantes. En même temps, il s'est produit des érosions considérables qui ont creusé pour la première fois la partie profonde des vallées de l'Isère et du Rhône.

2° Après un laps de temps d'une durée inconnue, les vallées creusées précédemment ayant été submergées ont été comblées par des atterrissements. La plaine dauphinoise, devenue le lit de déjection de deux grandes rivières, a été entièrement ensevelie jusqu'à une hauteur de plusieurs centaines de mètres sous un amas de sables, de cailloux de diverse nature et de gros blocs venus des Alpes. Ce puissant dépôt, que nous avons nommé *diluvium inférieur*, se présente sous la forme d'un immense cône caillouteux, dont le sommet est au pied des montagnes. Il est caractérisé par la présence fréquente de galets finement rayés comme ceux des glaciers, ce qui indique que ceux-ci ont contribué à sa formation, et qu'ils ont eu par conséquent, à cette époque, une extension extraordinaire.

3° Il est survenu un second terrain de transport qui s'est superposé au précédent sans se confondre avec lui, parce qu'il en diffère notablement par ses caractères minéralogiques (1). Il est composé de deux assises étroitement liées entre elles, dont la plus élevée est un limon argilo-sableux, pur de tout gravier, et l'autre, un mélange confus de sable, d'argile et de cailloux quartzeux en proportions variables. Comme ce terrain de transport constitue la superficie de presque toute la Bresse, nous l'appellerons *diluvium bressan* (2). Il est caractérisé par une teinte ocreuse

---

fondement, en lisant avec quelque attention non-seulement notre travail actuel et celui que nous avons déjà publié sur les terrains quaternaires du pied des Alpes, mais encore tout ce qui a été écrit sur le même sujet, et notamment les excellents mémoires de M. Élie de Beaumont. Nous différons d'opinion avec cet éminent géologue sur une question purement théorique, savoir s'il faut rapporter à la période tertiaire ou à la quaternaire une partie des terrains de transport des bords du Rhône; mais, quant à l'ordre de succession des dépôts, il n'y a pas de dissidence, et cet accord n'est pas une des moindres causes de la confiance que nous avons dans l'exactitude de nos résultats.

(1) Cette différence de caractères est très remarquable; on parviendra peut-être à en connaître la cause par une étude approfondie des phénomènes quaternaires dans l'intérieur des Alpes.

(2) Dans notre premier travail, nous avons donné le nom de *lehm ancien* à l'assise supérieure de ce terrain et celui de *diluvium sous-lehmien* à l'inférieure. Pour plus de simplicité, nous croyons devoir remplacer ces deux expressions par celle de *diluvium bressan* appli-

presque générale et par la nature de ses cailloux roulés qui sont à peu près tous quartzeux et de forme bien arrondie, malgré leur grande dureté.

4° Le remplissage de la plaine dauphinoise par les deux terrains de transport, dont nous venons de parler, a été suivi d'une époque d'affouillement due sans doute à la retraite successive des eaux. Il en est résulté que les vallées qui avaient été comblées par des matières meubles ont été creusées une seconde fois. Cette érosion, ayant été interrompue par intervalles, a donné lieu aux terrasses ou plus généralement aux anciens lits du Rhône et de l'Isère. On remarque à la surface de ces anciens lits une couche de sable et de cailloux, que nous avons nommée *lehm* (1), parce que, sous le rapport de l'âge, elle correspond exactement au dépôt qui porte ce nom sur les bords du Rhin.

5° Après les érosions qui ont donné aux vallées de l'Isère et du Rhône leur forme actuelle, est arrivée la dispersion des blocs alpins superficiels; ceux-ci, tantôt isolés, tantôt groupés de manière à rappeler des moraines, reposent indifféremment sur tous les autres dépôts diluviens et se trouvent à des hauteurs très diverses. Leur gisement, examiné dans tous ses détails, exclut l'hypothèse d'un transport par des courants; il faut avoir recours aux glaciers qui, pour la seconde fois, auraient eu dans les Alpes une extension extraordinaire. Le retrait de ces glaciers a été le commencement de la période actuelle.

Nous allons maintenant considérer les divers dépôts quaternaires des deux contrées indiquées plus haut et essayer de trouver leurs rapports d'âge avec les cinq époques que nous venons d'énumérer.

1° *Montagnes du Forez et du Beaujolais.*

Les montagnes, qui, aux environs de Lyon, séparent la Loire du Rhône et de la Saône, font partie des contrées appelées autrefois le Forez et le Beaujolais. Elles occupent un espace de trois à

---

quée à la formation entière. Cette dernière dénomination a l'avantage d'avoir déjà été employée.

(1) Le mot *lehm* ayant pour nous un sens purement géologique, nous l'emploierons pour désigner tous les dépôts de transport contemporains de la formation limoneuse des bords du Rhin, quels que soient d'ailleurs leurs caractères minéralogiques. Ainsi, de la même manière que l'on dit la *craie noire* des Alpes, nous parlerons du *lehm caillouteux* de la vallée du Rhône.

quatre myriamètres de largeur et courent à peu près dans la direction du nord au sud. Leur ligne de faîte est ordinairement comprise entre 800 et 900 mètres d'altitude; quelques sommités seulement atteignent environ 1000 mètres. Les principales roches qui entrent dans leur composition sont le granite, le gneiss, le micaschiste et le porphyre tantôt granitoïde, tantôt quartzifère. A ces roches cristallisées sont associés des lambeaux en général peu étendus du terrain carbonifère, un grès quartzeux rougeâtre, qui paraît contemporain du grès vosgien, des arkoses considérés comme triasiques, enfin du calcaire et des marnes de l'époque du Jura. Le quartz hyalin ou semi-hyalin est abondamment répandu dans le sein des roches cristallisées et des arkoses; il s'y trouve en filons ou en amas coniques. Les débris de ce quartz composent la plus grande partie des dépôts quaternaires dont nous aurons à parler. Deux bassins principaux, ceux de l'Azergue et du Gier, ont été creusés sur le versant oriental de ces montagnes. L'Azergue prend sa source au pied des bois d'Ajonc, à 3 kilomètres ouest de Chenelette, non loin d'une sommité dont l'altitude est de 973 mètres; à partir de là, elle coule vers le sud-sud-est jusqu'à Lozanne, où, rencontrant la Brévenne, elle en prend la direction N.-E. et va se jeter dans la Saône à Anse. Le bassin de cette rivière a du nord au sud une longueur d'environ 56 kilomètres, sur une largeur moyenne d'au moins 1 myriamètre. La vallée du Gier, en y comprenant son prolongement géologique jusqu'au delà de Saint-Étienne, n'est pas moins considérable que la précédente. Elle paraît avoir été originairement une fracture du sol N.-40°-E., que les eaux ont ensuite agrandie et façonnée telle qu'elle est aujourd'hui. Par ses affluents, elle est en communication au nord avec des sommités dont quelques-unes ont de 800 à 900 mètres de hauteur, et au sud avec le mont Pilas qui atteint jusqu'à 1433 mètres.

Les deux bassins dont nous venons de donner une idée sommaire présentent dans leur intérieur, particulièrement à la surface des plateaux peu élevés qui bordent leurs cours d'eau, des traînées évidentes de blocs et de cailloux diluviens arrachés aux montagnes environnantes; ils ont déjà été mentionnés par divers auteurs, notamment par MM. Fournet (1) et Drian (2). Nous commencerons

(1) *Sur le diluvium de la France* (*Annales des sciences géologiques*, t. I, p. 981). Voy. aussi une note de M. Borne sur les caractères minéralogiques de la formation diluvienne des environs de l'Arbresle (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*, t. III, 1840, p. 355).

(2) *Minéralogie et pétralogie des environs de Lyon*, p. 113.

par décrire ceux de ces dépôts caillouteux qui appartiennent au bassin du Gier, parce que, étant les plus rapprochés des terrains quaternaires du Dauphiné, ils offrent avec eux des relations faciles à saisir.

Entre Saint-Chamond et Givors, le Gier a creusé son lit dans le sein d'un plateau composé entièrement de gneiss et de micaschiste avec quelques lambeaux de grès houiller. Sa surface légèrement ondulée va en se relevant de l'est à l'ouest; son altitude moyenne peut être évaluée à 320 mètres. Il est limité à l'ouest par une série de sommités au delà desquelles commence le bassin de la Loire; à l'est, il s'étend jusqu'au Rhône. En explorant ce plateau dans sa partie moyenne, savoir, entre la grande route de Lyon à Saint-Étienne et une ligne passant par les villages de Saint-Martin-de-Cornas et de Chassagny, on observe qu'il est recouvert d'une couche peu épaisse d'un sable argileux jaunâtre enveloppant des cailloux de petites dimensions, en général mal arrondis et quelquefois complétement anguleux, qui sont formés de quartz blanc presque translucide, de grès quartzeux et de quartzite rougeâtre; on y trouve aussi des fragments de granite, de gneiss, de micaschiste et de grès houiller. Le quartz, qui est à beaucoup près la roche dominante, est tout à fait identique avec celui que l'on observe en filons ou en amas dans le sein du micaschiste et du gneiss du Forez. Le grès quartzeux et le quartzite rouge ne diffèrent en rien de ceux que l'on rencontre à la base du terrain secondaire de la même contrée; il est certain par conséquent que tous ces débris viennent des montagnes environnantes. La terre argilo-sableuse, où ils sont disséminés, paraît elle-même n'être que le résultat d'une trituration et d'une décomposition partielle des roches les plus tendres du pays, notamment du micaschiste. Cette couche sablo-caillouteuse présente çà et là à sa surface des blocs volumineux qui ont jusqu'à $0^m,50$ ou $0^m,60$ de longueur sur $0^m,30$ à $0^m,40$ dans les autres sens; ils sont formés pour la plupart de quartz blanc cristallin, comme les petits fragments roulés que renferme le sable; d'autres sont granitiques. Ces blocs, tous originaires du Forez, sont anguleux ou grossièrement arrondis; ils rappellent complétement par leur gisement et leur aspect général les blocs erratiques superficiels venus des Alpes.

Le terrain de transport que nous venons de faire connaître a une épaisseur en général inférieure à 1 mètre et paraît suivre les ondulations du sol dont il a comblé en partie les inégalités. Il occupe tout l'espace compris entre le Gier et une petite rivière appelée le Garon située plus au nord; il s'étend également au sud sur le ter-

ritoire de la commune des Échallas. En le suivant du côté de l'est, parallèlement au Gier, jusqu'à la distance de 1200 à 1500 mètres du Rhône, on ne remarque aucun changement dans la nature des roches qui le composent. Plus loin, il s'y mêle quelques cailloux de quartz d'un jaune sale à l'extérieur, à cassure grenue ou esquilleuse, identiques avec les quartzites des Alpes. Ces cailloux se distinguent facilement de ceux qui viennent du Forez, autant par leurs caractères minéralogiques que par leur forme bien arrondie. Plus on s'avance et plus ces quartzites d'origine alpine deviennent abondants. Quand on est arrivé à l'extrémité orientale du plateau, on s'aperçoit qu'ils sont en grande majorité. Si l'on franchit la plaine basse du Rhône pour gagner les hauteurs du département de l'Isère situées en face sur la rive gauche, on se trouve sur un plateau formé, comme celui de la rive droite, de gneiss et de mica-schiste, s'élevant à la même hauteur et recouvert de la même nappe caillouteuse, sauf que l'épaisseur de celle-ci est devenue plus considérable et que la proportion des cailloux originaires du Forez y est encore moindre. En continuant à s'avancer vers l'est, on voit ces derniers disparaître complétement; il reste un terrain de transport entièrement composé de quartzites et de quelques autres roches dures des Alpes enveloppés dans une glaise jaunâtre dépourvue de carbonate de chaux; c'est la formation quaternaire du Dauphiné que nous avons nommée *diluvium bressan*. Vers le nord, elle s'étend d'une manière continue jusqu'aux environs de Saint-Symphorien-d'Ozon, où elle se superpose évidemment au diluvium à cailloux calcaires en partie rayés qui supporte le village de Solaise; vers le sud, elle se prolonge également sans solution de continuité jusqu'au delà de Vienne et va se rattacher au dépôt de même nature qui couronne les plateaux de Roybon et de Chamberan. Il résulte de ces observations que le diluvium bressan du Dauphiné et la nappe caillouteuse qui couvre le plateau du Forez dans le voisinage du Gier sont exactement du même âge. Outre que leur gisement est tout à fait semblable et qu'ils se correspondent parfaitement sous le rapport de l'altitude, ils se mêlent intimement sur leur ligne de contact, comme les alluvions de deux rivières quand elles se réunissent (1). Ce mélange ayant eu lieu des deux côtés du Rhône, on doit en conclure aussi qu'à cette époque la fracture, d'ailleurs peu large, au fond de laquelle coule

(1) Nous avons essayé de figurer graphiquement ce mélange dans notre coupe n° 1 (Pl. I) qui est d'ailleurs une représentation fidèle de la disposition des lieux.

ce fleuve, avait été entièrement remplie par le diluvium inférieur, ce qui n'a rien d'étonnant, car il est certain que ce diluvium a comblé plusieurs vallées préexistantes dans la plaine dauphinoise et s'est même élevé bien au-dessus du sol nivelé.

Nous avons dit qu'il existait entre le Gier et le Garon des blocs volumineux originaires des montagnes voisines qui, par leur aspect et leur indépendance du sol sous-jacent, paraissaient erratiques. On les observe également sur le plateau de la rive gauche du Rhône où ils sont épars à la surface du sol, confondus avec d'autres blocs venus des Alpes. Les uns et les autres sont tellement semblables par le gisement qu'on ne peut les distinguer qu'à leurs caractères minéralogiques, ce qui doit faire croire qu'ils ont été déposés à la même époque. Cette identité d'âge est démontrée d'une manière encore plus rigoureuse par la présence de ces mêmes blocs dans la plaine basse du Rhône, sur des terrasses plus récentes que le diluvium bressan. Ce fait important peut être constaté un peu en aval du pont suspendu de Givors. La rive gauche du Rhône présente en cet endroit trois plans situés à des niveaux différents, savoir : un plan inférieur submersible occupé par le terrain alluvien, une première terrasse haute de 4 à 5 mètres offrant à sa base un affleurement du diluvium inférieur dauphinois et au-dessus une couche de gravier quartzeux correspondant au lehm, enfin une seconde terrasse qui s'élève à 6 mètres au-dessus de la précédente et qui est également formée par le diluvium inférieur recouvert d'une couche de lehm caillouteux (1). C'est à la surface de ces terrasses et sur le lehm que l'on observe plusieurs blocs erratiques de quartz blanc presque hyalin, venus certainement des montagnes situées à l'ouest. Leur arrivée est donc postérieure au second creusement de la vallée ; or, c'est là précisément le trait caractéristique du gisement des blocs alpins et ce qui fixe leur âge.

Indépendamment de la couche sablo-caillouteuse et des blocs erratiques du Forez que nous venons de décrire, on observe dans la vallée du Gier un autre diluvium qui paraît d'un âge différent ; il se montre au fond même de la vallée, sur les bords de la rivière d'où il s'élève à une hauteur que les plus grandes crues ne peuvent atteindre. Il diffère du diluvium du plateau non-seulement par son gisement, mais encore par ses cailloux beaucoup plus volumineux et en général bien arrondis ; il offre aussi moins de continuité. On en voit un lambeau très étendu à Burel, aux environs

(1) Voyez la coupe n° 2.

de la station du chemin de fer de Saint-Étienne à Givors. Une section verticale, haute de plusieurs mètres, faite sur les bords de la voie ferrée, a mis à découvert un affleurement de gros cailloux roulés de quartz et de granite et, au-dessus, une épaisseur considérable d'une argile en masse compacte, pure de gravier. Celle-ci remonte assez haut sur les flancs de la vallée et rappelle par sa nature et son gisement le lehm des terrasses. Ce terrain de transport paraît avoir rempli autrefois entièrement la fente où coule le Gier et avoir ensuite été dénudé ; il offre par conséquent beaucoup d'analogie avec le diluvium inférieur dauphinois, et nous croyons qu'il en est contemporain. Ce rapprochement est confirmé par l'observation de bancs caillouteux qui se montrent dans une position semblable sur les bords du Garon, près de son débouché dans la plaine basse du Rhône. Ces bancs de cailloux que l'on voit à droite et à gauche de la rivière, bien au-dessus des alluvions actuelles, renferment des roches propres au pays, et d'autres, les unes quartzeuses, les autres calcaires, qui viennent des Alpes, ce qui indique une liaison géologique entre ce dépôt et le diluvium inférieur. Pendant que celui-ci comblait la vallée du Rhône, l'autre s'accumulait dans le petit vallon où coule le Garon ; près de leur confluent, il y a eu nécessairement mélange entre eux.

Le bassin de l'Azergue renferme, sur divers points, des dépôts diluviens analogues aux précédents. Un des plus remarquables par son étendue et sa continuité est celui qui a couvert tout le plateau compris entre Chatillon, Lozane et l'Arbresle. Si, en partant de ce dernier bourg, on se dirige vers le village de Nuelles, situé à 1500 mètres de distance au N.-N.-E., on ne tarde pas à remarquer à la surface du sol de nombreux débris caillouteux, très différents par leurs caractères minéralogiques du terrain sous-jacent qui est un schiste phylladique de transition. Ces débris paraissent appartenir à deux dépôts distincts : l'un est composé d'une couche argilo-sableuse rougeâtre ou quelquefois noire, ayant quelques décimètres d'épaisseur et enveloppant à sa partie inférieure des cailloux en général quartzeux ; l'autre, d'une date plus récente, est formé de blocs également quartzeux épars à la surface du sol, tantôt isolément, tantôt par groupes plus ou moins nombreux. Les matériaux de ce dernier diluvium sont en partie arrondis et comme usés par le frottement ; leur volume varie depuis quelques décimètres cubes jusqu'à un quart ou même un tiers de mètre cube. En examinant de près la couche argilo-sableuse inférieure, on reconnaît que les cailloux qui y sont disséminés sont anguleux ou grossièrement arrondis, et qu'ils consistent principalement en quartz calcédoine

blancs, rosâtres ou jaunâtres, quelquefois criblés de cavités que tapissent de petits cristaux de quartz limpide. Il s'y mêle des arkoses et des grès quartzeux, le plus souvent colorés en rouge par de l'oxyde de fer, et aussi du gneiss, des schistes verdâtres d'apparence homogène et des calcaires oolithiques. Ces dernières roches sont rares comparativement aux autres. Les blocs superficiels présentent de leur côté une grande variété de quartz plus ou moins cristallins, quelquefois rubanés, puis des granites roses, des gneiss et plus rarement des diorites. Ces matières de transport couvrent un espace considérable au nord de l'Arbresle, car on les observe presque partout sur le territoire des communes de Nuelles, de Saint-Germain et de Chatillon; elles se montrent au nord-ouest dans le vallon de la Turdine jusqu'au delà de Bully, et au sud-ouest sur les hauteurs qui dominent la route de Sain-Bel; on les rencontre également aux environs de Chessy et particulièrement dans le petit vallon d'Alix qui se réunit à Chatillon avec celui de l'Azergue. Aux environs de Lozane où se trouve le confluent de l'Azergue et de la Brevenne, le diluvium sablo-caillouteux nous a paru acquérir un développement considérable. On peut l'étudier commodément le long de la route départementale de Lozane à Lyon. Les coupures du sol faites à droite et à gauche pour la construction de la chaussée montrent que ce diluvium atteint ici une épaisseur de plusieurs mètres et qu'il est composé, comme à l'ordinaire, de quartz et de grès quartzeux, souvent mal arrondis, disséminés dans un gravier sablonneux rougeâtre. On le suit sur une longueur de plusieurs kilomètres, jusque près de Dommartin. Plus loin, les cailloux disparaissent et il ne reste qu'une couche argilo-sableuse, souvent mêlée de détritus du sol sous-jacent, qui occupe tout le plateau compris entre la Brevenne et le Mont-d'Or lyonnais. Elle s'étend à l'est jusqu'aux environs de Limonest où son altitude est de 400 mètres et son épaisseur considérable. Les blocs superficiels manquent sur ce plateau, mais ils sont fréquents près de Lozane, principalement sur le flanc de la colline qui fait face au débouché de la Brevenne, comme si cette colline avait été un obstacle à leur expansion.

Des deux dépôts diluviens que nous venons de décrire, celui qui a un caractère torrentiel nous paraît semblable, sous tous les rapports, à la couche sablo-caillouteuse qui couvre le plateau du Forez, dans le voisinage du Gier; par conséquent, nous le considérons comme étant du même âge et nous le rapportons au diluvium bressan. Quant aux blocs superficiels, ils ne présentent pas moins d'analogie avec ceux qui sont répandus dans la vallée du

Rhône, aux environs de Givors, et qui viennent en partie des Alpes, en partie des montagnes situées à l'ouest; ils appartiennent probablement comme eux à la cinquième époque quaternaire.

On observe sur quelques points de la vallée de l'Azergue des amas de sable et de cailloux, dont le gisement rappelle celui de Burel décrit plus haut et qui, pour cette raison, nous paraissent représenter le diluvium inférieur dauphinois. Ces cailloux, qui ont pour trait caractéristique de descendre jusqu'au niveau des alluvions actuelles et même de passer dessous, se voient dans la partie inférieure du cours de l'Azergue, principalement entre Chazay et Anse. Ils forment, sur la rive gauche de cette rivière, la base d'une terrasse haute de 50 à 60 mètres, qui supporte le château de Beaulieu, ainsi que les villages de Morancé et de Lucenay. Le pied de cette terrasse paraît correspondre exactement au diluvium inférieur qui, de l'autre côté de la Saône, est recouvert par les cailloux quartzeux et les sables superficiels de la Bresse. Depuis son dépôt, ce terrain de transport a été profondément entamé par des courants qui sont descendus des montagnes du Beaujolais et qui, réunis à d'autres, ont créé la plaine d'Anse et abaissé le lit de la Saône à son niveau actuel. Ces érosions ont eu lieu, ainsi que nous l'avons dit, pendant la quatrième époque.

En résumé, il résulte de nos observations qu'il existe, sur le versant oriental des montagnes du Forez et du Beaujolais, les équivalents de tous les dépôts diluviens du Dauphiné originaires des Alpes. Seulement à côté de ceux-ci, les premiers paraissent presque microscopiques. Leur différence est aussi grande que celle des deux chaînes comparées sous le rapport du nombre, de l'étendue et de l'altitude des cimes.

2° *Vallée du Rhin.*

Pour découvrir plus sûrement et avec plus de facilité les relations chronologiques qui existent entre les terrains quaternaires des bords du Rhône, aux environs de Lyon, et ceux de la vallée du Rhin, il est évident qu'il convient de choisir dans celle-ci, dont l'étendue est très considérable, la région qui, par sa situation, offre le plus d'analogie avec la partie du cours du Rhône qui doit nous servir de terme de comparaison. Cette région est celle où se trouve la ville de Bâle. En effet la vallée du Rhône à Lyon a pour continuation au nord la vallée de la Saône; celle-ci n'est en réalité que le prolongement de la vallée du Doubs qui communique elle-même par un col très bas avec la faille large et profonde qui sépare la

chaîne des Vosges des montagnes de la Forêt-Noire. C'est dans cette longue vallée géologique que le Rhin débouche à Bâle, comme le Rhône près de Lyon, après avoir franchi, l'un l'extrémité nord et l'autre l'extrémité sud du Jura. Ces deux fleuves sont d'ailleurs extrêmement semblables; leurs sources sont voisines, et leurs cours dans l'intérieur des Alpes sont liés par de nombreuses analogies. Il est donc probable que sur les deux points que nous venons d'indiquer les dépôts quaternaires offriront une correspondance parfaite. C'est en effet ce que confirme l'observation.

Afin de procéder plus rigoureusement, nous décrirons d'abord les dépôts diluviens du Rhin (1) isolément, et nous établirons leur ordre de succession en faisant complétement abstraction des résultats que nous avons obtenus ailleurs, en restant par conséquent en dehors de toute idée préconçue. Cela fait, nous comparerons un à un les termes de la série observée avec ceux que présente la vallée du Rhône, et nous verrons jusqu'à quel point ils se ressemblent.

La vallée du Rhin, aux environs de Bâle, se divise en deux régions distinctes, sous le rapport de la configuration extérieure et de la constitution géologique. L'une, appelée le *Sundgau* (pays du sud), est un plateau de 400 mètres d'altitude moyenne, à surface autrefois unie et aujourd'hui profondément découpée par de nombreuses vallées d'érosion. Ses limites sont : au sud-est, le Jura de Soleure, et, au nord-ouest, l'extrémité méridionale de la chaîne des Vosges. On remarque que de chaque côté le sol se relève très sensiblement vers le pied de ces montagnes. Cette double pente ascendante indiquée par la direction des cours d'eau, est assez forte pour frapper les yeux. Le canal du Rhône au Rhin est aujourd'hui à peu près la ligne de thalweg de toute la contrée et la partage en deux parties inégales dont la plus étendue est du côté du Jura. Des accidents de terrain peu importants la séparent au sud-ouest de la vallée du Doubs et au nord-est de la seconde région rhénane dont nous allons parler. Celle-ci, qui constitue la vallée du Rhin proprement dite, est une plaine parfaitement unie, régulièrement inclinée du sud vers le nord, suivant une pente qui est d'environ $0^{m},0014$ par mètre, entre Mulhouse et Colmar. Sa largeur moyenne entre ces deux villes est de 33 kilomètres. A l'ouest,

(1) Les terrains quaternaires de l'Alsace ont déjà été l'objet de nombreux travaux dont nous avons profité et que nous citerons. Nous devons aussi beaucoup à M. Kœchlin-Schlumberger qui connaît parfaitement la géologie des environs de Mulhouse, et qui a bien voulu nous conduire lui-même sur les points qui offraient le plus d'intérêt.

au pied des Vosges, sa surface a été légèrement entamée par les rivières de la Thur et de l'Ill ; à l'est ou du côté de la Forêt-Noire, elle a été creusée beaucoup plus profondément par le Rhin dont les eaux, si on ne les contenait, occuperaient en entier une plaine basse de plusieurs kilomètres de largeur, appelée *Rieth*. Entre cette plaine basse et le plan supérieur de la vallée séparés par une différence de niveau de 18 à 20 mètres, on observe près de Bâle une terrasse intermédiaire, large de 700 à 800 mètres et ne s'élevant qu'à 12 mètres au-dessus du Rhin. On y a bâti, parallèlement au cours de ce fleuve, un grand nombre de villages dont les deux premiers en amont sont Saint-Louis et Rosenau. La différence de niveau, de 6 à 7 mètres, qui existe entre cette terrasse intermédiaire et le plan supérieur, ne se maintient pas sur un long espace ; elle disparaît à une certaine distance de Rosenau, et il ne reste alors sur la gauche du Rieth qu'une seule berge escarpée, qui diminue elle-même peu à peu de hauteur, et finit par s'effacer complétement à Neubrisach ; en sorte qu'au delà le raccordement entre la partie la plus élevée de la vallée et la plaine basse a lieu par une pente ménagée.

Nous allons maintenant passer à l'examen géologique des deux régions dont nous venons d'esquisser les principaux traits topographiques.

Le sol du Sundgau est formé d'un puissant terrain de transport reposant sur des couches tertiaires dont on n'aperçoit guère que des affleurements, principalement sur la gauche de la route qui conduit de Mulhouse à Altkirch. Celles de ces couches qui paraissent les plus anciennes consistent en un calcaire compacte, d'aspect lacustre, qui alterne par bancs de 3 à 4 décimètres d'épaisseur avec des marnes schistoïdes, d'autant plus abondantes que l'on s'enfonce davantage. Cette formation renferme quelquefois du gypse et des indices de lignite et souvent des coquilles d'eau douce, entre autres la *Melania Escheri*, Mérian ; on y a découvert à Brunstatt des dents de *Paleotheorium medium* (1). Elle nous a rappelé complétement le terrain à gypse et à lignite de Manosque et d'Apt, en Provence ; les fossiles confirment ce rapprochement. Un autre terrain tertiaire dont la superposition sur le précédent n'a pu encore être constatée et qui, néanmoins, doit être considéré comme plus récent, est formé d'une marne argileuse bleue, compacte, sans stratification distincte, quelquefois intimement liée à des macignos sableux. On y a trouvé à Olwiller, près de Hartmannswiller, des

(1) Kœchlin-Schlumberger, *Observations inédites*.

Huîtres et d'autres corps marins qui paraissent de l'époque miocène. Cette marne bleue et les macignos qui lui sont associés ressemblent beaucoup à la mollasse sableuse et quelquefois argileuse du Dauphiné; ils en sont probablement l'équivalent.

Le terrain de transport, qui repose sur ces deux formations tertiaires, n'offre pas partout les mêmes caractères minéralogiques. Pour le décrire avec plus de méthode, nous diviserons le Sundgau en trois zones: la première sud-est, comprise entre les montagnes du Jura de Soleure et le canal du Rhône au Rhin; la seconde, presque centrale, s'étendant le long du canal sur une largeur de quelques kilomètres; la troisième, nord-ouest, située entre la précédente et le pied des montagnes des Vosges.

La première zone est à elle seule deux fois plus étendue que les deux autres réunies. Les matières de transport qui la couvrent se divisent en deux assises d'épaisseur très inégale. La plus basse, dont la puissance moyenne peut être évaluée à 50 mètres, est composée de cailloux de grosseur variable, mais tous bien arrondis, disséminés confusément dans un sable argileux, d'une teinte fortement ocreuse, sans aucun indice de stratification. Ces cailloux sont, en grande majorité, des quartzites, les uns blancs ou légèrement jaunâtres, à cassure grenue ou esquilleuse, identiques avec ceux du Dauphiné; les autres gris clair, gris foncé, bruns ou jaunes; beaucoup sont fortement altérés au point d'être friables (1). Ces quartzites sont mêlés de jaspes rouges, vert-olive ou tirant sur le noir, de granites et de protogines souvent en état de décomposition, enfin de quelques porphyres rouges à grands cristaux de feldspath, comme ceux des montagnes de la Forêt-Noire. Les calcaires manquent tout à fait ou sont au moins excessivement rares. La seconde assise n'a au pied du Jura qu'une épaisseur ordinairement inférieure à 2 mètres, qui augmente ensuite à mesure que l'on s'éloigne du pied de la chaîne. C'est une argile sableuse pure de gravier, de même nature d'ailleurs que celle qui enveloppe les cailloux, sauf qu'elle est en général d'une couleur plus claire. Il y a toujours une liaison intime entre ces deux assises: la plus basse commence par se décolorer dans sa partie supérieure tout en renfermant beaucoup de galets; puis ceux-ci deviennent rares et disparaissent complétement; il ne reste alors à la surface du sol qu'une marne argileuse gris cendré d'aspect homogène. Les matières que ren-

(1) Nous pensons avec M. Daubrée que ces cailloux altérés sont probablement d'anciens calcaires siliceux dont le carbonate a disparu depuis qu'ils se sont déposés.

ferme ce terrain ne sont pas originaires des Vosges, puisqu'on n'y trouve aucune des roches caractéristiques de cette chaîne, ni du Jura pour la même raison; elles ne peuvent venir que des Alpes centrales ou des montagnes qui en sont très voisines, et une seule ouverture a pu leur livrer passage, celle par laquelle sort aujourd'hui le Rhin. Cette conclusion est confirmée par la présence d'un grand nombre de cailloux qui sont certainement alpins, et par cette circonstance remarquable que la surface du dépôt va en se relevant de tout côté, vers un point situé un peu à l'est de Bettlach et dont l'altitude est de 554 mètres (1). En outre, ce point culminant du cône formé par les matières de transport est précisément sur la ligne qu'a dû suivre autrefois le courant diluvien qui les a charriées (2).

La seconde zone du terrain de transport diffère de la précédente par l'absence à peu près complète des cailloux roulés et le grand développement de l'assise supérieure, formée exclusivement de marne et de sable fin. Cette assise, qui ne dépasse pas 2 mètres

---

(1) Voyez la carte de l'état-major, feuille n° 115.

(2) C'est ce que prouve un examen attentif des lieux. Le Rhin ne débouche pas des montagnes à Bâle même, mais un peu plus haut, au village de Kaiser-Augst. En cet endroit, la direction de la gorge est du nord-est au sud-ouest. Par conséquent, le puissant courant diluvien qui en sortait autrefois devait se porter, en vertu de la vitesse acquise, contre les montagnes du Jura et en suivre le contour. Le pied escarpé de ces montagnes était d'ailleurs très propre à l'y fixer. Il n'est donc pas étonnant que les matières charriées par ce courant aient passé sur le point où est aujourd'hui le village de Bettlach, et que de là elles aient pu être entraînées jusqu'aux environs de Porrentruy. L'observation révèle une autre particularité; c'est qu'après le dépôt de ces matières de transport une branche du Rhin les a traversées et s'y est creusé un lit. En effet, il n'y a aucune proportion entre la largeur et la profondeur de la vallée de l'Ill au-dessus d'Altkirch et la faible étendue du bassin de réception de ce cours d'eau dans le Jura. Il est plus évident encore que la large excavation où se trouve Leymen, Benken et d'autres villages, et qui, à partir d'Oltingen, fait communiquer la vallée de l'Ill avec celle du Rhin, n'a pas été creusée par le ruisseau insignifiant nommé *la Busich*. On doit en conclure qu'à l'époque où le terrain de transport de Sundgau obstruait encore l'entrée de la vallée du Rhin à Kaiser-Augst, une branche de ce fleuve, coulant à 150 mètres au-dessus de son niveau actuel, suivait le pied du Jura jusqu'à Oltingen, et descendait ensuite par la vallée de l'Ill. Ce courant se divisait même en plusieurs autres; de là ces vallons de 50, 60 et même 100 mètres de profondeur qui découpent la surface du pays.

d'épaisseur au pied du Jura, atteint ici près de Dornach, de Lutterbach et sur quelques autres points voisins du canal de navigation, une puissance de 10, 12 et même 15 mètres. Elle consiste en une marne fine, limoneuse, de couleur grise en général, assez cohérente pour qu'elle puisse être taillée à pic. Dans certaines localités, on y a creusé des caves. L'analyse prouve qu'elle est un mélange intime d'argile de sable fin et de carbonate de chaux en proportions variables. Les molécules calcaires se sont quelquefois réunies et forment dans son sein des concrétions arrondies, creuses à l'intérieur. Sa masse est en général parfaitement homogène ; ce n'est que par exception qu'on y trouve çà et là quelques quartzites isolés. Il y a donc une espèce d'indépendance de gisement entre la formation caillouteuse, située à la base du terrain de transport, et la marne limoneuse qui la recouvre. Néanmoins, comme il y a toujours entre elles une liaison intime lorsqu'elles sont réunies, nous ne croyons pas qu'on puisse les séparer géologiquement. Il arrive bien souvent de nos jours qu'un cours d'eau torrentiel abandonne ici des cailloux, là du limon pur ; ces dépôts sont bien distincts, quelquefois même situés à une grande distance l'un de l'autre, et cependant ils sont rigoureusement contemporains. L'assise limoneuse, dont nous venons d'indiquer le grand développement dans le voisinage du canal du Rhône au Rhin, a été généralement appelée *lehm*. Cette expression est parfaitement juste, si elle est prise dans un sens purement minéralogique ; elle est au contraire impropre, si avec nous on lui donne une acception géognostique, car on l'a appliquée à une autre formation limoneuse d'un âge différent, qui couvre presque toute la plaine du Rhin, entre Mulhouse et Strasbourg. Afin d'éviter une confusion fâcheuse, nous ne donnerons le nom de lehm qu'à ce dernier dépôt.

La troisième zone du terrain de transport, ou la plus voisine des Vosges, rappelle tout à fait par son aspect et sa constitution générale celle qui s'appuie contre le Jura. On voit reparaître l'assise argilo-caillouteuse colorée en jaune par l'oxyde de fer. Au-dessus, il y a une épaisseur plus ou moins grande de limon sans gravier. La surface non dénudée de ces matières se relève fortement vers le pied des montagnes. Ainsi, son altitude qui ne surpasse pas 300 mètres à Burhnaupt, atteint 479 mètres au signal de Roderen, situé à 7 kilomètres vers le nord-ouest. En un mot, ce côté du Sundgau paraît en tout semblable au côté opposé, sauf cependant cette différence essentielle qu'ici les cailloux, au lieu d'être d'origine alpine, viennent des Vosges. La puissance du terrain de transport est aussi moindre. En examinant de près les cailloux qui en-

trent dans sa composition, on reconnaît que les uns sont descendus par la vallée de la Thur, les autres par celle de la Doller. En se rapprochant de la première vallée, on trouve enfouis dans le sol un grand nombre de cailloux granitiques provenant probablement des environs de Rothenbach, des mélaphyres à pâte brune et à grands cristaux de feldspath, des porphyres bruns rougeâtres et quelques autres roches que l'on trouve en place dans le bassin de la Thur. Si l'on se place en face du débouché de la Doller, à Soppe-le-Haut, on rencontre principalement des quartzites vosgiens avec cristaux de quartz hyalin, beaucoup de mélaphyres, des porphyres bruns quartzifères, des grauwackes et des schistes argileux métamorphisés des environs de Massevaux, enfin quelques grès rougeâtres. Le limon sableux qui recouvre ces cailloux est lui-même d'origine vosgienne, car il est privé de carbonate de chaux, tandis que celui qui vient des Alpes en contient toujours.

Des trois zones du terrain de transport que nous venons de distinguer, la plus importante à beaucoup près par son épaisseur et son étendue est celle du sud-est. Nous allons y revenir afin de compléter sa description par quelques nouveaux détails. La puissance de ce terrain observée au Dokenberg, colline située à 5 kilomètres sud-ouest d'Altkirch, a été évaluée par M. Daubrée (1) à 50 mètres. Cette puissance augmente de plus en plus lorsqu'on remonte la vallée de l'Ill, et, aux environs de Bettlach, elle surpasse certainement 150 mètres. Cette accumulation considérable de débris caillouteux est en rapport avec l'origine que nous leur avons assignée. Des alluvions quaternaires venues des Alpes et charriées par le Rhin devaient l'emporter de beaucoup sur celles des cours d'eau des Vosges. Le trait le plus caractéristique de l'assise inférieure de ces alluvions est, d'une part, l'absence complète ou la rareté extrême des cailloux calcaires qui manquent même au pied du Jura, et, d'autre part, sa coloration habituelle par de l'oxyde de fer. Cette substance y forme quelquefois des concrétions irrégulières, assez nombreuses et assez pures pour servir de minerai, comme à Courtavon près de Porrentruy où elles ont été exploitées. On en voit beaucoup aussi dans les bois du Dokenberg. On peut vérifier facilement tout ce que nous avons dit de la composition de ce terrain, en examinant les dénudations que présente quelquefois le flanc escarpé des vallées, ou mieux encore les excavations profondes de plusieurs mètres qui ont été pratiquées dans le pays pour l'exploitation du gravier. Nous en citerons trois par-

(1) *Bulletin de la Société géologique*, t. V, p. 166, 2e série.

ticulièrement: une à 1400 mètres de Werentzhausen, sur la route de Bâle, en face de la borne n° 21; une autre à l'est d'Altkirch, d'où l'on a tiré en partie le balast nécessaire pour le chemin de fer; enfin, une troisième, à 400 mètres au sud d'Altkirch, sur la droite de la route qui conduit à Hirtzbach (1). Dans cette dernière carrière, ouverte pour l'extraction de la terre à briques, on voit parfaitement le contact de la marne bleue tertiaire et des cailloux roulés qui y sont superposés. La ligne de séparation est très nette et sinueuse; il est évident qu'entre les deux dépôts il y a eu une époque de dénudation. M. Daubrée (2) a donné une coupe des environs de Hundsbach où l'on voit également la formation caillouteuse reposer sur la mollasse sans lui être liée. Dans cette localité, les cailloux roulés forment des amas lenticulaires dans le limon ocreux. Cette disposition ne nous a pas paru être la plus fréquente; presque toujours leur dissémination est confuse et à peu près uniforme.

En résumé, en faisant abstraction des couches tertiaires presque jamais apparentes dans le Sundgau, le sol de cette contrée est formé d'un puissant terrain argilo-caillouteux, dont la partie sud-est est descendue des Alpes par la vallée du Rhin, et la partie nord-ouest des Vosges par les vallées de la Thur et de la Doller. Cette double origine est indiquée à la fois par la différence de nature minéralogique des cailloux roulés et par les pentes opposées du sol de transport qui, de chaque côté, se relève vers la région montagneuse d'où il est sorti; sa disposition est exactement semblable à celle des alluvions que les torrents de l'époque actuelle déposent au débouché de leurs gorges, et que l'on nomme lits de déjection. Ce terrain se divise naturellement en deux assises, l'une exclusivement argilo-sableuse, l'autre renfermant beaucoup de cailloux. La liaison intime qui existe entre elles, lorsqu'elles sont réunies, doit les faire considérer comme appartenant à la même époque géologique, quoique dans certains lieux elles soient isolées l'une de l'autre. L'assise caillouteuse du côté des Alpes est caractérisée par la prédominance des quartzites et par une teinte ocreuse à peu près générale. La coloration par l'oxyde de fer existe également du côté opposé.

C'est ici le lieu de faire remarquer que la Thur et la Doller ne sont pas les seules rivières qui descendent de la chaîne des Vosges. Il en est plusieurs autres, telles que la Bruche, le Zorn et la Mo-

(1) Voyez la coupe n° 4.
(2) *Loc. cit.*, p. 166.

der dans le Bas-Rhin, qui leur sont entièrement comparables. Il est donc naturel de considérer les alluvions anciennes de ces diverses rivières comme ayant été toutes déposées à la même époque et étant par conséquent du même âge que le terrain de transport du Sundgau. Nous verrons plus tard que ce rapprochement est pleinement confirmé par les observations stratigraphiques.

Il est temps de considérer notre seconde région, savoir la partie plane de la vallée du Rhin. C'est, comme nous l'avons dit, un vaste plan incliné qui est limité au sud par les collines du Sundgau et qui de là s'étend au loin du côté du nord. On peut facilement étudier sa constitution géologique entre Bâle et Mulhouse à l'aide des excavations assez nombreuses qui ont été pratiquées pour l'extraction du gravier, ou bien en examinant les berges quelquefois dénudées des terrasses qui bordent le Rhin. Cette étude fait découvrir l'existence de deux nouveaux terrains de transport, l'un argilo-sableux et superficiel, l'autre essentiellement caillouteux et très puissant. Nous commencerons notre description par ce dernier, qui est le plus ancien.

Ce terrain est caractérisé par son gisement : d'un côté, il s'enfonce sous les alluvions modernes ; de l'autre, il s'élève, à très peu près, jusqu'au niveau de la plaine supérieure. Son épaisseur apparente est par conséquent d'environ 20 mètres ; en réalité, il est beaucoup plus puissant, car les puits les plus profonds, pratiqués même au niveau des alluvions récentes, n'ont pu le traverser entièrement. Il a été appelé *gravier ancien du Rhin*, par M. Daubrée (1), parce qu'il est formé de cailloux en grande partie semblables à ceux que ce fleuve charrie de nos jours. Ces cailloux, pris dans leur ensemble, appartiennent aux espèces suivantes : quartzites blancs ou légèrement jaunâtres à l'extérieur, à cassure grenue ou esquilleuse comme ceux des Alpes ; calcaires compactes d'un bleu presque noir, également propres aux formations alpines ; jaspes rouges, jaunes, quelquefois noirs et schistoïdes, avec veines de quartz blanc ; porphyres rouges, à grands cristaux de feldspath ; granites souvent colorés comme ceux des Vosges et de la Forêt-Noire ; enfin, protogines des Alpes. Parmi ces cailloux, les plus abondants appartiennent aux roches quartzeuses de diverses couleurs et aux calcaires bleu foncé ; ils forment à eux seuls plus des trois quarts de la masse. Après, viennent les porphyres rouges, les granites et les protogines. Indépendamment de ces diverses roches, on en trouve plusieurs autres qui ne sont en quelque sorte qu'ac-

(1) *Description géologique du Bas-Rhin*, p. 235.

cidentelles : ce sont des diorites, des amphibolites, des euphotides, des porphyres verts alpins, des épidotes compactes, des basaltes venant du terrain volcanique du Kaisersthul, enfin des calcaires gris clair, quelquefois pétris de fossiles et originaires du Jura (1). Ces cailloux, de nature si variée, sont disséminés dans un sable gris clair, toujours fortement effervescent avec les acides; sans former de couches suivies, ils alternent sur certains points avec des lits irréguliers de sable presque pur, ainsi que cela s'observe dans la plupart des dépôts caillouteux ; ils passent quelquefois à un poudingue solide, résultant de l'agglutination des galets par un ciment calcaire d'une date probablement postérieure au dépôt. M. Daubrée (2) cite un poudingue de cette nature à Billingen, sur la rive droite du Rhin ; il est assez cohérent pour former une corniche de 10 mètres de hauteur et 3^{m},50 de saillie que le fleuve bat en brèche. Un peu plus haut, à Rheinwiller, le même terrain repose visiblement sur la mollasse dont la surface paraît avoir été inégalement labourée. Il nous reste à ajouter que le gravier rhénan se relève vers les Alpes, suivant une pente bien supérieure à celle du fond de la vallée. Ainsi, à Neubrisach, il est au niveau des alluvions récentes, et à Binningen, près de Bâle, il atteint 60 à 70 mètres au-dessus du fleuve.

Le gravier ancien du Rhin occupe une grande étendue dans la vallée où il n'est recouvert que par une couche mince de marne sablonneuse. On peut le suivre notamment jusqu'au pied des buttes, en général escarpées, qui limitent au sud la plaine entre Mulhouse et Bâle, et là on reconnaît avec évidence que sur plusieurs points il est recouvert par la formation ferrugineuse à quartzites alpins du Sundgau. Cette superposition importante est très nette près de l'extrémité S.-E. du village de Bartenheim, en face de l'église (3). En cet endroit, à gauche d'un petit chemin

---

(1) Ces divers cailloux, ainsi que le fait observer M. Daubrée (*loc. cit.*, p. 236), sont pour la plupart d'origine alpine ; quelques-uns seulement proviennent des montagnes environnantes. Il est vraisemblable que l'on verrait ces derniers augmenter en nombre et finir par devenir dominants, si l'on pouvait les suivre souterrainement jusque vers l'entrée des vallées des Vosges ou de la Forêt-Noire ; en d'autres termes, nous croyons qu'il existe dans les profondeurs de ces vallées un diluvium local, parallèle au gravier ancien du Rhin et se mêlant peu à peu avec lui.

(2) *Observations sur les alluvions anciennes et modernes d'une partie du bassin du Rhin* (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. VII, p. 436).

(3) Voyez notre coupe n° 3.

qui conduit sur le plateau, on aperçoit un escarpement de 6 à 7 mètres de haut, formé à sa base d'un poudingue assez solide pour servir de toit à une grotte de quelques mètres carrés de superficie. Ce poudingue, composé principalement de calcaires et de quartzites alpines avec des jaspes de diverses couleurs et quelques granites, n'est autre chose qu'un affleurement du gravier du Rhin, qui de là s'étend au nord jusque sur les bords du fleuve, où il disparaît sous les alluvions récentes. Il suffirait de creuser dans cette direction un sillon de 50 à 60 centimètres de profondeur pour mettre en évidence cette continuité qui n'est pas douteuse. Sur le poudingue ayant de 3m,00 à 3m,50 de hauteur, repose un mélange incohérent d'argile ocreuse, de sable siliceux et de quartzites et, au-dessus, une couche de sable argileux. La puissance de cette formation essentiellement siliceuse n'est d'abord que de 3 à 4 mètres, mais elle augmente rapidement à mesure que l'on marche vers le sud. C'est évidemment l'extrémité septentrionale du diluvium déjà décrit qui occupe tout le sud-est du Sundgau. L'affleurement du poudingue se prolonge vers le N.-O., derrière le village de Bartenheim, jusqu'à une distance de 600 à 700 mètres, et sur toute cette longueur on voit encore très clairement qu'il sert de base à la formation à quartzites réduite souvent à son assise supérieure. On observe le même fait par intervalles vers le sud-est, entre Bartenheim et Bourgfelden, et plus loin à Biningen près de Bâle. Il est donc certain que le gravier rhénan est plus ancien que le diluvium à quartzites du Sundgau. Il existe d'ailleurs entre ces deux terrains des différences constantes de composition minéralogique qui ne permettent pas de les confondre. Le premier renferme toujours une forte proportion de sable et de cailloux calcaires, tandis qu'il n'y en a pas dans le second. L'un, contenant peu d'oxyde de fer, est habituellement d'une teinte claire; l'autre est constamment ocreux. L'altération des cailloux est assez rare dans le gravier rhénan, tandis qu'elle est très fréquente dans celui du Sundgau. La remarque en a été faite depuis longtemps par M. Voltz (1). Enfin, suivant M. Daubrée (2), l'un de ces dépôts donne au lavage des lamelles d'or et des grains de fer titané, et l'autre n'en renferme pas.

Le second terrain de transport de la plaine du Rhin consiste en une couche argilo-sableuse tout à fait superficielle, dont l'épaisseur

(1) *Topographie minéralogique de l'Alsace*, p. 38.
(2) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. V, p. 167.

est en général au-dessous de 1 mètre entre Bâle et Mulhouse (1). Elle recouvre indifféremment les deux terrasses que nous avons indiquées au-dessous de Bâle ; d'où l'on doit conclure qu'elle a alterné avec les érosions successives auxquelles sont dues ces terrasses. On remarque qu'elle est souvent ocreuse à sa partie inférieure, où se trouvent des cailloux quartzeux d'origine alpine, pour la plupart de petites dimensions ; vers le haut, elle se décolore et passe à une marne sablonneuse, pure de gravier, de couleur légèrement jaunâtre, qui depuis longtemps est appelée *lehm*. Nous lui conserverons ce nom déjà consacré par l'usage. Par son aspect et sa composition minéralogique, ce lehm rappelle complétement l'assise supérieure, également argilo-sableuse, du terrain de transport du Sundgau. Cependant il y a entre ces deux dépôts une différence d'âge qui est manifeste. L'un est postérieur à la grande dénudation du gravier rhénan qui a donné à la plaine sa forme actuelle ; l'autre est antérieur à cette dénudation et contemporain de la formation à quartzites qui constitue les plateaux situés au sud. Leur séparation a été nettement indiquée sur la carte géologique de la France (2). M. Voltz les a également distingués dans une excellente carte géognostique du Haut-Rhin, qui a été jointe à une statistique générale de ce département (3). Enfin M. Mérian, dans son *Coup d'œil sur les formations géologiques des environs de Bâle* (4), ouvrage déjà ancien et cependant toujours estimé, ne les a pas non plus confondus (5). La plaine comprise entre l'Ill et la plaine basse ou Rieth, où coule le Rhin, est entièrement couverte par la couche marno-sableuse dont nous venons de parler. Elle y présente une grande uniformité, sauf que la proportion du gravier

(1) L'épaisseur de ce dépôt et de celui qui lui correspond dans la vallée du Rhône n'aurait pas été sensible dans nos coupes, si nous ne l'avions beaucoup exagérée.

(2) Sur cette carte, le terrain superficiel du Sundgau est désigné par la lettre P et le lehm de la plaine du Rhin par la lettre *a*.

(3) *Statistique générale du département du Haut-Rhin*, par Achille Penot. Mulhouse, 1834.

(4) *Uebersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in den umgebungen von Basel*. Basel, 1824.

(5) Cette distinction ne doit pas être faite seulement aux environs de Bâle et de Mulhouse. Nous croyons qu'il existe ailleurs, dans la vallée du Rhin et hors de cette vallée, des dépôts argileux correspondant à celui du Sundgau, et que l'on a confondus avec le lehm de la plaine, à cause de l'identité des caractères minéralogiques ; c'est ce qui explique les variations énormes d'épaisseur et d'altitude que l'on a attribuées à cette dernière formation.

qu'elle renferme est variable. Cette proportion est souvent assez considérable pour rendre le sol impropre à la culture; de là l'existence de la vaste forêt qui, sous le nom de *Hart-Wald*, occupe une étendue de 75 à 80 kilomètres carrés sur la rive gauche du fleuve.

Si l'on franchit l'Ill pour se rapprocher des Vosges, on observe, quand on est arrivé dans les bois de Nonnenbruch, que le lehm change de nature, en conservant le même aspect et en diminuant seulement d'épaisseur. C'est toujours une couche argilo-sableuse superficielle, caillouteuse à sa partie inférieure, mais les cailloux proviennent évidemment des montagnes voisines; il en est de même du sable argileux qui ne renferme pas de carbonate de chaux. Ce lehm vosgien constitue le sol de la forêt de Nonnenbruch et de là s'étend sur toute la surface de la vaste plaine nommée Ochsenfeld, située entre Lutterbach, Cernay, Thann et Aspach. Par son gisement, il correspond exactement au lehm alpin auquel il succède; il en est évidemment contemporain. Il résulte de là que le terrain le plus superficiel de la plaine du Rhin est, comme celui du Sundgau, originaire des Alpes du côté de l'est et des Vosges à l'ouest, la partie alpine étant, comme on devait s'y attendre, la plus puissante et la plus étendue.

L'épaisseur du lehm alpin, très peu considérable entre Bâle et Mulhouse, paraît augmenter successivement à mesure que l'on s'avance vers le nord; aux environs de Strasbourg, elle atteint plusieurs mètres. M. Daubrée (1) a remarqué qu'au pied des montagnes, sur une largeur de 2 à 3 kilomètres, cette formation passait ordinairement à un dépôt de transport composé de matières originaires du pays. Ainsi, le long de la chaîne des Vosges, le lehm est formé de débris de granite, de quartz, de grès vosgien, de schiste argileux de transition ou de calcaire jurassique, suivant la constitution minéralogique des chaînes adjacentes. Ce fait confirme pleinement le parallélisme que nous avons établi plus haut entre le lehm vosgien et le lehm alpin des bords de l'Ill.

Nous rappellerons que c'est dans ce dépôt, et principalement à sa base, que l'on a trouvé la plupart des ossements fossiles des terrains quaternaires de l'Alsace. Ces ossements ont été rapportés aux espèces suivantes : *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, *Equus caballus fossilis*, *Cervus euryceros*, *Bos priscus*, *Bos primigenius*, *Hyæna spelæa*, etc. La plupart des localités où on les a

(1) *Description géologique du Bas-Rhin*, p. 221.

découverts ont été indiquées par M. Voltz (1). Le lehm renferme aussi des coquilles terrestres, quelquefois en grande abondance. M. Daubrée en a compté plus de cent individus dans un seul décimètre cube pris à Schiltigheim. Ces coquilles sont pour la plupart identiques avec celles qui vivent de nos jours, mais presque toutes appartiennent à des espèces que l'on trouve dans les régions froides et humides des Alpes jusqu'à la limite des neiges perpétuelles. Celles qui habitent aujourd'hui les parties chaudes de la vallée manquent complétement (2).

Nous avons dit plus haut que les alluvions anciennes de la Thur et de la Doller qui constituent la partie N.-O. du Sundgau établissaient une liaison d'âge entre le terrain de transport de cette contrée et les dépôts diluviens d'autres rivières descendant également des Vosges, comme la Bruche, la Zorn et la Moder. S'il en est ainsi, comme le diluvium du Sundgau a été formé après le gravier rhénan et avant le lehm, il faut qu'il en soit de même des divers diluvium vosgiens : c'est précisément ce qu'indique l'observation. La superposition du lehm sur le sable et les cailloux originaires des Vosges et de ceux-ci sur le gravier ancien du Rhin a été constatée sur plusieurs points en Alsace (3). Les puits que l'on creuse journellement à Schiltigheim, près de Strasbourg, traversent d'abord une couche de lehm alpin de plusieurs mètres; puis du gravier vosgien, dont l'épaisseur varie de $0^m,50$ à $1^m,60$; plus bas, on rencontre le gravier rhénan, dont la puissance est inconnue. On remarque une séparation nette entre ces trois dépôts. Des entailles faites le long de la Zorn, entre Krautwiller et Hochfelden, et de l'Ill, près de Geispolsheim, ont également mis en évidence la superposition du lehm sur les alluvions anciennes des Vosges.

On peut, sans sortir du département du Haut-Rhin, observer sur les bords de l'Ill, à Sausheim, une coupe semblable à celle des puits de Schiltigheim ; elle nous a été indiquée par M. Kœchlin-Schlumberger. Cette coupe (4) montre à sa base le gravier ancien

(1) *Topographie minéralogique de l'Alsace*, p. 64.

(2) Nous renvoyons pour plus de détails sur les caractères paléontologiques du lehm aux travaux de MM. Braun, Walchner et Lyell, en partie analysés par M. Daubrée (*Description géologique du Bas-Rhin*, p. 219), par M. Collomb (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. VI, p. 483) et par M. d'Archiac (*Histoire des progrès de la géologie*, t. II, p. 178).

(3) Daubrée (*Description géologique du Bas-Rhin*, p. 235 et suiv.); E. Collomb (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. VIII, p. 74 et suiv.).

(4) Voyez la figure 5.

du Rhin d'une puissance indéterminée, passant d'un côté sous les alluvions récentes de l'Ill et de l'autre sous une couche de 0m,30 à 0m,40 de gravier vosgien, qui est elle-même recouverte par 0m,80 à 1m,00 de lehm d'origine alpine formant la surface du sol. La couche de cailloux vosgiens, composée à peu près exclusivement de mélaphyres, de granites syénitiques et de jaspe rouge, est évidemment l'extrémité amincie du terrain de même nature qui constitue le côté N.-O. du Sundgau, et que l'on rencontre notamment sur les bords de la Thur et dans toute la plaine de l'Ochsenfeld. Il a dans cette plaine une épaisseur assez considérable pour qu'un puits de 7 mètres, creusé à l'asile agricole de Cernay, ne l'ait pas traversé entièrement. Quoique réduit à une couche mince sur les bords de l'Ill, il est néanmoins nettement séparé, soit du lehm alpin, soit du gravier rhénan, entre lesquels il est intercalé; il s'en distingue par des cailloux d'une nature toute différente et d'une forme bien moins arrondie (1).

Nous devons ajouter qu'aux environs de Bâle et sur la rive droite du Rhin les alluvions anciennes originaires de la Forêt-Noire ou du Jura présentent les mêmes relations géologiques que celles venues des Vosges. Ainsi, à Oos, près de Baden-Baden, on observe au débouché d'une vallée latérale un dépôt de cailloux provenant des montagnes voisines, superposé à du gravier alpin; le tout est recouvert par une masse de 10 à 12 mètres de lehm (2). Non loin de Bâle, la Byrse présente des terrasses entièrement formées de débris jurassiques. Leur superposition sur le gravier des Alpes est évidente partout où la ligne de contact est visible. Il en est de même des cailloux descendus de la Forêt-Noire, qui composent les alluvions anciennes de la Wiese, de l'autre côté du Rhin (3).

On doit conclure de là que tous les cours d'eau un peu considérables qui débouchent aujourd'hui dans la plaine de l'Alsace, les uns du côté de l'est, les autres du côté de l'ouest, ont donné lieu à des dépôts diluviens distincts du lehm alpin et du gravier

---

(1) Cette coupe prouve en même temps l'indépendance géologique du lehm alpin qui, après avoir recouvert le gravier rhénan, s'étend transgressivement sur le diluvium des Vosges; elle détruit par conséquent d'avance la supposition que l'on pourrait faire qu'entre Bâle et Mulhouse cette couche mince de lehm n'est pas distincte du gravier du Rhin.

(2) E. Collomb, *loc. cit.*, p. 75.

(3) Daubrée, *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. VII, p. 439.

rhénan et intercalés entre deux. Si à ce fait on joint celui de l'analogie complète qu'offrent entre eux tous ces dépôts, y compris ceux du Sundgau, par leur relèvement sensible vers les montagnes dont ils sont originaires, et par leur élargissement en forme de delta (1) à l'issue des vallées par lesquelles ils sont sortis, il ne restera aucun doute sur la simultanéité de leur formation.

Indépendamment des terrains de transport du Sundgau et de la plaine du Rhin décrits ci-dessus, il existe en Alsace des dépôts quaternaires d'un caractère différent, qui sont très remarquables et que l'on ne peut bien observer qu'en pénétrant plus ou moins dans l'intérieur des vallées des Vosges. Ils ont depuis longtemps été signalés par divers observateurs et particulièrement par M. E. Collomb (2), qui les a attribués à d'anciens glaciers dont il n'existe plus aujourd'hui aucune trace dans le pays. Nous avons visité ceux de ces dépôts que l'on rencontre dans la vallée de la Thur, principalement à Wesserling, où ils sont bien développés. Les établissements industriels, qui composent en grande partie ce village, sont bâtis sur un énorme amas de débris dont la configuration à l'extérieur est celle d'une digue transversale, légèrement convexe vers l'aval et bombée à son milieu. On y distingue assez bien trois zones concentriques. En l'examinant à l'intérieur, à l'aide de quelques coupures, on y observe un entassement confus, sans indices de stratification, de sable, de cailloux, de gros blocs les uns anguleux, les autres arrondis, usés ou striés. La forme de cet amas caillouteux et sa structure intérieure démontrent son origine glaciaire. C'est une moraine bien caractérisée; nous ne croyons pas qu'il puisse y avoir le moindre doute à cet égard. Les roches qui la composent consistent principalement en granite des Vosges à feldspath blanc et rougeâtre, en grauwacke et en schiste argileux. Ces matières ayant fermé autrefois complétement la vallée dont la largeur est ici de 700 à 800 mètres, il en est résulté en amont un lac dont les contours sont encore parfaitement visibles. Ses eaux se sont ensuite frayé un passage au travers de ce barrage par une érosion qui paraît avoir été graduelle. Entre Wesserling et le village de Saint-Amarin, la vallée présente une surface unie parsemée d'un assez grand nombre de blocs erratiques

(1) Daubrée, *loc. cit.*, p. 440.

(2) *Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les vallées des Vosges*, 1847, et diverses notes dans les tomes II, III et IV du *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér. Voy. aussi les travaux de MM. Daubrée, Renoir, Leblanc et plusieurs mémoires de M. Hogard.

superficiels que nous croyons contemporains de la moraine. On peut expliquer leur dispersion en admettant que l'ancien glacier n'a fait jusqu'à Saint-Amarin et au delà qu'une excursion temporaire, pendant laquelle il a charrié çà et là quelques blocs, tandis que sa limite inférieure ayant coïncidé pendant longtemps avec l'emplacement actuel de Wesserling, il a pu y former un dépôt considérable. Nous n'entrerons pas dans plus de détails sur ces amas de débris glaciaires et nous ne parlerons pas des rochers polis et striés que l'on rencontre souvent dans leur voisinage, parce qu'ils ont déjà été décrits avec beaucoup de soin et d'étendue; nous nous occuperons seulement de leur âge relativement aux autres dépôts quaternaires de la vallée du Rhin. Cet âge est indiqué avec précision par le gisement des blocs erratiques superficiels répandus entre Wesserling et Saint-Amarin. Le sol de la vallée entre ces deux villages est formé d'une couche d'argile sableuse de quelques décimètres d'épaisseur que l'on peut suivre d'une manière continue depuis Wesserling jusqu'à Thann; là, elle s'élargit beaucoup et s'étend sur toute la surface de la plaine de l'Ochsenfeld. Elle n'est autre chose que le lehm vosgien, dont nous avons montré plus haut le parallélisme avec le lehm alpin et qui se confond avec lui dans les bois de Nonnenbruch. Ce lehm est certainement antérieur aux blocs erratiques superficiels qui le recouvrent et qui n'ont avec lui aucune liaison; d'un autre côté, il est, comme on l'a vu, le plus récent des terrains de la vallée. Il en résulte nécessairement que les blocs erratiques sont postérieurs à tous les autres dépôts quaternaires. Cette conclusion est encore confirmée par cette circonstance que, lors de leur transport, la vallée avait exactement la forme qu'elle a aujourd'hui, sauf les barrages produits par l'amoncellement des débris glaciaires et les érosions que ceux-ci ont éprouvées. La plupart des dépôts erratiques répandus dans les vallées des Vosges ayant le même gisement et paraissant contemporains, la détermination que nous venons de faire de l'âge des blocs des environs de Saint-Amarin leur est applicable.

Pour compléter la série des faits que présente la période quaternaire dans l'Alsace, il nous reste à faire remarquer que, tout à fait au commencement de cette période, il y a eu certainement une époque d'érosion dans la contrée. La grande vallée qui sépare les Vosges des montagnes de la Forêt-Noire est, comme on le sait, très ancienne, car depuis son origine il s'y est déposé successivement un grand nombre de formations à partir du trias inclusivement. Les terrains tertiaires, et particulièrement ceux qui constituent l'étage moyen et le supérieur, paraissent l'avoir comblée

jusqu'à un niveau assez élevé. On les observe en effet en couches le plus souvent horizontales, couvrant le pied des montagnes et atteignant une hauteur moyenne de 150 mètres au-dessus du Rhin. Vers le milieu de la vallée, ces terrains manquent complétement, même à une grande profondeur. Un puits de 30 mètres, creusé dans la plaine à Mulhouse, à une très petite distance des collines tertiaires, n'a pu traverser entièrement le gravier ancien du Rhin. Il en a été de même d'un autre puits de 48 mètres, entrepris à Strasbourg en 1831. On doit en conclure qu'avant le dépôt du gravier rhénan, la vallée avait été creusée dans le sein des roches tertiaires jusqu'à une grande profondeur. Cela est confirmé par les traces manifestes d'érosion que présente la mollasse partout où l'on peut voir son contact avec des formations plus récentes.

Le relief des montagnes voisines a éprouvé aussi des changements considérables, qui ont probablement précédé immédiatement la dénudation dont nous venons de parler. Si l'on examine sur une carte géologique la partie du Jura, comprise entre le Sundgau et Soleure, on y remarque un assez grand nombre de petits bassins tertiaires allongés dans le sens de la direction de la chaîne, c'est-à-dire dirigés à peu près vers le nord-62°-est. Ce sont des vallées longitudinales dont le fond a été rempli par des couches tertiaires de l'étage moyen et de l'étage supérieur; quelquefois la série de ces dépôts est complète, comme dans le val de Delémont, où ils ont été étudiés avec soin par M. le docteur Grépin (1). Leur ressemblance avec les terrains du même âge dans la plaine doit faire admettre qu'ils ont été déposés dans le sein d'une même nappe d'eau; que, par conséquent, les vallées longitudinales du Jura étaient alors à un niveau beaucoup plus bas qu'aujourd'hui et qu'elles communiquaient par leurs cluses ou vallons transversaux, d'une part avec l'Alsace et de l'autre avec la grande vallée suisse. Les soulèvements qui ont mis fin à cet ordre de choses ont suivi à peu près la direction de ces petits bassins méditerranéens qui ont été peu déformés dans le sens horizontal, mais portés à des hauteurs très inégales. Ainsi, dans le val de Delémont on observe, au-dessus de la mollasse marine, des cailloux et des poudingues d'eau douce tertiaires et d'origine vosgienne, qui atteignent jusqu'à 800 mètres d'altitude. Les terrains tertiaires de l'Alsace, le long de la chaîne des Vosges, présentent aussi des traces de dislocations que nous rapportons à la même époque.

(1) *Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles*, 1854, Zurich.

Si nous faisons maintenant une récapitulation générale des phénomènes et des dépôts quaternaires dans la vallée du Rhin, et si nous les rangeons par ordre chronologique, nous avons la série suivante :

1° Des dislocations qui ont affecté surtout le Jura de Soleure et des érosions qui ont approfondi la vallée, en la creusant dans le sein des roches tertiaires;

2° Le remplissage des profondeurs de la vallée par un puissant terrain de transport composé de cailloux, la plupart originaires des Alpes, les autres descendus des montagnes environnantes;

3° L'arrivée de plusieurs diluviums distincts entre eux, débouchant par les diverses vallées qui font communiquer l'Alsace avec l'intérieur des Vosges, de la Forêt-Noire, du Jura et des Alpes, le plus important de ces diluviums étant celui du Sundgau, d'origine alpine ;

4 Des dénudations successives interrompues par intervalles, d'où sont résultées les terrasses, et finalement la configuration actuelle de la vallée du Rhin ; des dépôts limoneux ou lehm ayant alterné avec ces dénudations;

5° Enfin, dans les vallées des Vosges, des moraines, des blocs erratiques et des stries que l'on ne peut attribuer qu'à d'anciens glaciers.

Si nous comparons cette série à celle que nous avons fait connaître pour la vallée du Rhône dans le Dauphiné, la correspondance de leurs termes se montre d'elle-même.

Les dislocations et les érosions qui ont ouvert la période quaternaire dans l'Alsace ont eu lieu dans le Dauphiné à la même époque et par les mêmes causes.

Le gravier ancien du Rhin rappelle complétement le diluvium inférieur des vallées du Rhône et de l'Isère.

Le diluvium du Sundgau et ses équivalents représentent le diluvium de la Bresse et ceux des plateaux du Forez et du Beaujolais.

Le lehm rhénan doit être assimilé au lehm dauphinois, car leur gisement est exactement le même.

Enfin les blocs erratiques des Vosges paraissent contemporains des blocs alpins répandus avec tant de profusion dans la plaine dauphinoise.

Après ce coup d'œil sommaire, nous allons reprendre notre comparaison, époque par époque, afin de faire ressortir avec quelques détails les ressemblances générales et, ce qui n'est pas moins instructif, les différences locales que présentent les dépôts corres-

pondants. Nous y joindrons quelques considérations théoriques.

Première époque. Les érosions qui ont eu lieu tout à fait au commencement de la période quaternaire, d'un côté dans la vallée du Rhône, de l'autre dans celle du Rhin, par l'effet de courants descendus principalement des Alpes, présentent entre elles trop d'analogie pour ne pas être considérées comme ayant été simultanées et dues à une même cause générale. Cette cause nous paraît être un exhaussement notable de tout le pays au-dessus des mers, où s'étaient déposées les dernières couches tertiaires. La pente moyenne du sol ayant été ainsi considérablement augmentée, les anciennes vallées ont dû s'approfondir et de nouvelles ont été creusées. L'exhaussement général du sol qui, certainement, s'est fait sentir bien au delà des vallées du Rhône et du Rhin, a été accompagné de dislocations dans divers lieux. Nous avons déjà parlé des soulèvements du Jura de Soleure. Nous allons dire quelques mots de ceux qui se sont manifestés dans le voisinage de la plaine dauphinoise. On les observe dans le groupe des montagnes de la Grande-Chartreuse et du Villard-de-Lans, dont la direction moyenne paraît être le nord-22°-est. Ces montagnes renferment, comme celles du Jura, des vallées longitudinales remplies de couches tertiaires récentes, semblables à celles de la plaine, ce qui indique qu'elles étaient autrefois au même niveau. Nous citerons les vallées de Pommier, de Proveysieu et de Lans. La première se prolonge en se déformant par Monteau et Rencurel jusque dans le Vercors; les deux autres, aujourd'hui séparées par une coupure profonde et par de grandes différences d'altitude, ne faisaient avant la période quaternaire qu'un tout continu. On observe aux environs de Monteau, à Pommier et ailleurs, immédiatement au-dessus de la mollasse marine et en liaison intime avec elle, des poudingues d'eau douce, quelquefois lignitifères, probablement contemporains des poudingues d'origine vosgienne du val de Delémont. Ces dépôts caillouteux ont été très disloqués et portés à des hauteurs très inégales. C'est à la suite de ces mouvements du sol qu'a été ouverte la vallée transversale dans laquelle l'Isère coule aujourd'hui de Grenoble à Voreppe.

Deuxième époque. Pendant la deuxième époque, les courants qui descendaient des Alpes, au lieu de creuser le sol dans les vallées du Rhin et du Rhône, comme précédemment, y ont accumulé une quantité énorme de gravier. La puissance de ce dépôt atteint 600 mètres environ, sur certains points de la plaine dauphinoise; sa limite supérieure, dans la vallée du Rhin, est restée jusqu'à présent inconnue. La cause qui a déterminé la formation de ce

terrain paraît avoir été exactement l'inverse de celle qui avait donné lieu aux érosions. Les côtes, au lieu de s'élever, se sont abaissées, ce qui a produit la submersion du sol au pied des Alpes (1). Cette submersion a été très probablement progressive; c'est au moins ce qu'indiquent les observations suivantes. Le gravier ancien du Rhin ne se montre pas seulement près de Bâle, au débouché de ce fleuve dans la plaine. On peut le suivre, à partir de là, dans toute l'étendue de l'Alsace et même au delà, sans qu'il offre d'autre changement qu'une diminution graduelle dans le volume des cailloux originaires des Alpes. Ainsi, à Mannheim, leur grosseur n'excède pas en général celle d'une noisette. On remarque la même chose pour le Rhône. Si, en partant du Dauphiné, on descend le cours de ce fleuve jusqu'aux environs d'Avignon, on observe soit au-dessous des alluvions récentes, soit à une hauteur bien supérieure à celle des plus fortes crues, un gravier de couleur claire, composé principalement de calcaires et de quartzites des Alpes, mêlés d'une certaine proportion de cailloux venant des montagnes qui bordent la vallée (grès rougeâtres et arkoses du Forez, granites et gneiss de l'Ardèche très différents de ceux des Alpes, etc.). Cet ancien terrain de transport a la plus grande analogie avec le diluvium inférieur dauphinois, et se lie avec lui sans solution de continuité. Lorsqu'il s'élève au-dessus des alluvions modernes, il est recouvert ordinairement par des quartzites alpins d'une date plus récente, et correspondant soit au diluvium bressan, soit au lehm ; cette superposition se voit jusque dans la plaine de la Crau. La formation de ce gravier, qui paraît renfermer d'autant plus de roches des Alpes, qu'on remonte plus haut le cours du Rhône, et qui, à Lyon, finit par se confondre avec le diluvium

(1) La grande altitude des collines de cailloux roulés, situées au pied des montagnes de la Grande-Chartreuse, semble indiquer que le maximum de hauteur atteint par les eaux a été considérable dans le Dauphiné et probablement aussi dans l'Alsace. En admettant que le plus grand froid ait commencé avec le maximum de hauteur de l'inondation, on comprend pourquoi l'on n'observe pas de restes glaciaires de cette époque dans le Forez ni dans les Vosges. Ces montagnes étaient alors submergées, sauf leurs sommités les plus élevées.

Il est vraisemblable que la hauteur de la submersion a été inégale en France, et à plus forte raison en Europe, parce que sans doute les oscillations du sol dans le sens de la verticale ont été compliquées de mouvements de bascule, en sorte qu'il y a eu variation à la fois dans le niveau absolu et dans le niveau relatif des divers points de la surface terrestre.

inférieur dauphinois, s'explique facilement en admettant un envahissement successif de la mer; car, à mesure que celle-ci s'avançait dans l'intérieur des terres, le delta qui se produisait à l'embouchure du fleuve suivait la même progression. Les choses se sont passées de la même manière dans la vallée du Rhin.

Il existe entre le diluvium inférieur du Dauphiné et celui de l'Alsace une différence remarquable que nous ne devons pas oublier. Le premier renferme des cailloux rayés et d'énormes blocs erratiques, quelquefois anguleux, qui prouvent qu'à cette époque les glaciers des Alpes avaient une extension telle, qu'ils débouchaient dans la plaine du Rhône. L'absence de ces restes glaciaires dans celle du Rhin s'explique d'une manière plausible par un plus grand éloignement de leur point de départ. En effet, si du Mont Blanc comme centre, et avec une ouverture de compas égale à l'intervalle qui sépare cette sommité de Lyon, on décrit un arc de cercle, Bâle se trouve en dehors de cet arc au moins de 16 kilomètres. En outre, un obstacle non interrompu, savoir la chaîne du Jura, se trouve interposé entre Bâle et le sommet du Mont-Blanc, tandis que les montagnes de la Savoie et de l'Isère, qui séparent Lyon des Alpes centrales, présentent de nombreuses solutions de continuité, au travers desquelles les glaciers ont pu facilement passer.

Sous tous les autres rapports, les deux diluviums que nous comparons offrent une similitude parfaite. Leur gisement est exactement le même; l'un et l'autre viennent des Alpes, sauf le mélange d'un petit nombre de cailloux fournis par les montagnes des environs; leur maximum d'épaisseur est au débouché de la vallée alpine par laquelle ils sont arrivés; enfin, ils ont vers ce débouché un relèvement très sensible, bien supérieur à celui du sol de la vallée.

Troisième époque. — Le trait caractéristique de cette époque est la formation d'un grand nombre de diluvium particuliers, distincts entre eux et du précédent. Chaque bassin un peu considérable, en communication avec la plaine du Dauphiné ou avec l'Alsace, paraît avoir eu le sien. Ce fait s'explique facilement, en admettant que la grande inondation de l'époque précédente avait diminué assez de hauteur pour mettre à découvert les chaînes environnantes, et ne laisser sous les eaux que les vallées proprement dites du Rhône et du Rhin. Cet état de choses ayant subsisté pendant longtemps, les cours d'eau qui se rendaient dans ces vallées ont dû former, soit à leur embouchure, soit dans l'intérieur de leur bassin, des atterrissements, dont l'accroissement a été d'ail-

leurs favorisé par des circonstances physiques particulières. Il paraît, en effet, que la basse température de la seconde époque a persisté au moins en partie pendant la troisième (1). Les sommités se couvraient encore de grandes masses de neige dont la fusion périodique donnait lieu à l'entraînement d'une quantité considérable de cailloux. Les deltas produits par ces anciennes crues sont plus multipliés et beaucoup plus nets dans l'Alsace que dans le Dauphiné. Cela paraît tenir à deux causes. D'abord, si l'on fait abstraction du Rhin, du Rhône et de l'Isère, qui sont des cours d'eau alpins, l'Alsace est arrosée par des rivières plus nombreuses et plus considérables que la plaine dauphinoise, attendu que les Vosges et la Forêt-Noire sont deux massifs montagneux plus importants que les chaînes du Forez, du Bugey et du Vercors. Une autre raison, qui nous paraît être la principale, c'est que les alluvions composant le delta alpin dans la plaine du Dauphiné ont atteint un développement vraiment prodigieux ; vers le nord, elles ont couvert toute la Bresse, et se sont prolongées jusqu'aux environs de Besançon, à 20 myriamètres au moins de leur point central ; vers le sud, leur extension n'a pas été moindre, ainsi que le prouvent les nappes de cailloux quartzeux, situés à une grande hauteur, que l'on observe à droite et à gauche du Rhône, presque jusqu'à la mer (2). Ces alluvions immenses ont en quelque sorte écrasé les petits atterrissements dus aux affluents de la vallée ; elles les ont couverts ou s'y sont mêlées au point de les faire presque disparaître. Le diluvium alpin du Sundgau, qui forme le pendant de celui de la Bresse, est beaucoup moins vaste, en sorte qu'à côté

(1) M. Daubrée, dans sa *Description géologique du Bas-Rhin* que nous avons si souvent citée, mentionne (p. 239) divers dépôts erratiques vosgiens, probablement d'origine glaciaire. Parmi ces dépôts, celui d'Epfig mérite une attention particulière, parce qu'il paraît être antérieur au lehm. Si de nouvelles observations confirmaient à la fois son gisement et son origine, il en résulterait que pendant la troisième époque le froid aurait été assez intense dans les Vosges pour avoir donné naissance sur quelques points à des glaciers.

(2) Telle est la nappe de quartzites des environs de Montpellier, décrite par M. Paul de Rouville sous le nom de *diluvium alpin*. Le même géologue a montré que ces quartzites étaient parallèles au terrain de transport ferrugineux superficiel des plateaux calcaires de l'Aveyron, du Lot, de Lot-et-Garonne, etc., et que, soit pour cette raison, soit pour d'autres, ce dernier terrain était quaternaire (*Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. X. p. 397). Cette manière de voir est entièrement conforme à la nôtre.

de lui les atterrissements vosgiens et autres, ses contemporains, sont restés distincts et très apparents.

M. Élie de Beaumont (1), tout en identifiant, à cause de leur ressemblance parfaite, les terrains de transport du Sundgau et de la Bresse, a fait remarquer qu'on ne pouvait pas les lier l'un à l'autre d'une manière continue. Il existe en effet entre eux une lacune de 8 myriamètres environ, sur la ligne de Besançon à Montbéliard, lacune d'autant plus étonnante que le diluvium du Sundgau a dépassé un peu le col d'ailleurs très bas qui conduit dans le bassin de la Saône, en sorte qu'en apparence rien ne devait l'empêcher d'y pénétrer. Nous croyons qu'on peut expliquer ce fait d'une manière satisfaisante en admettant que la nappe d'eau qui couvrait les vallées du Rhône et du Rhin était continue et, de plus, non stagnante. Les eaux qui descendaient alors en abondance des Alpes formaient deux grands courants, dirigés, l'un vers le nord et se rendant à l'Océan, l'autre vers le sud et se perdant dans la Méditerranée; mais la ligne de partage de ces deux courants, au lieu de coïncider avec celle qui sépare aujourd'hui les bassins du Rhône et du Rhin, se trouvait dans le Dauphiné : c'était l'arête centrale de l'immense cône de déjection qui occupait alors la partie N.-O. de cette contrée et dont on observe encore aujourd'hui des restes si grandioses. Le courant dirigé vers la Méditerranée était rapide à cause de la grande pente du sol; aussi a-t-il déposé surtout des cailloux. Le courant qui allait au nord, et qui par conséquent remontait la vallée de la Saône, était au contraire très lent et pour cette raison il n'a guère charrié que des argiles sableuses. Il est arrivé que ce courant clarifié par un parcours d'environ 20 myriamètres n'a plus rien déposé depuis Besançon jusqu'aux environs de Montbéliard; là il s'est réuni aux eaux bourbeuses qui sortaient de la gorge du Rhin, et les a entraînées avec lui vers l'Océan. L'amincissement progressif des alluvions de la Bresse du côté du Sundgau et leur interruption sur une longueur de 8 à 9 myriamètres nous paraissent s'accorder complétement avec cette manière de voir. C'est aussi en grande partie l'opinion de M. Élie de Beaumont, qui admet que les eaux de la vallée de la Saône s'écoulaient dans celle du Rhin.

Un caractère assez important, commun aux diluvium du Sundgau et de la Bresse et à la plupart de ceux qui en sont contemporains, est leur coloration presque constante par de l'oxyde

(1) *Annales des sciences naturelles*, 1re sér., t. XIX, p. 41.

de fer (1). Souvent même cette substance s'y trouve en assez grande quantité pour s'être réunie sous forme de concrétions ou de minerai de fer en grains. Ce fait semble indiquer que pendant la troisième époque les transports mécaniques de sables et de cailloux ont été compliqués de phénomènes éruptifs. Des sources ferrugineuses abondantes ont dû se faire jour dans le voisinage des Alpes, et probablement sur beaucoup d'autres points.

Quatrième époque. — Les formations de transport auxquelles nous donnons exclusivement le nom de lehm sont d'origine variée, comme les divers diluvium de la troisième époque; elles sont d'ailleurs parfaitement caractérisées par leur gisement. Leur dépôt a toujours eu lieu après un affouillement plus ou moins considérable des deux terrains quaternaires précédemment décrits. Cet affouillement ne peut avoir été occasionné que par un exhaussement graduel du sol analogue à celui que nous avons admis au commencement de la période quaternaire; il en est résulté un second creusement des vallées du Rhône et du Rhin. La retraite des eaux et par suite l'érosion qui en était la conséquence n'ont pas été continues; elles ont été interrompues par des intervalles plus ou moins longs, pendant lesquels le niveau du pays relativement à la mer était constant. La formation des terrasses a eu lieu lorsque le sol s'exhaussait, et celle du lehm pendant les intervalles d'équilibre. Ce dernier dépôt a été le terrain alluvien de la quatrième époque; sa théorie nous paraît être exactement la même que celle des accumulations de sable et de gravier que les rivières torrentielles forment de nos jours sur tous les points de leur cours où elles peuvent divaguer.

Le lehm du Dauphiné et de la Provence est peu épais et presque toujours caillouteux, parce que, la pente du sol étant très forte, les courants diluviens ont charrié jusqu'à la mer la plus grande partie de leurs matières de transport, surtout les plus ténues. En Alsace, où les eaux paraissent avoir été presque stagnantes, ce dépôt a un autre caractère; il consiste presque exclusivement en une couche argilo-sableuse dont la puissance et l'étendue ont frappé depuis longtemps les observateurs. Le lehm du Rhône diffère aussi de celui de l'Alsace par une couleur ocreuse souvent plus prononcée que celle que nous avons signalée

(1) On remarque cette coloration dans la plupart des terrains de transport nommés *diluvium des plateaux*, qui, à raison de leur gisement, nous paraissent devoir être rapportés à la troisième époque.

dans les dépôts de la troisième époque et due probablement à la même cause.

Les ossements fossiles des grands mammifères du Dauphiné et des environs de Lyon paraissent appartenir, soit au lehm, soit au diluvium bressan (1). Ceux de la vallée du Rhin ont été rencontrés principalement dans le lehm. Il serait à désirer, lorsqu'on fera de nouvelles découvertes, que les circonstances de gisement de ces fossiles soient décrites avec un grand soin, afin de diminuer autant que possible l'incertitude où l'on est presque toujours sur la véritable date de leur enfouissement.

Il nous reste à ajouter que c'est au commencement de la quatrième époque que l'on doit placer la séparation hydrographique des bassins du Rhône et du Rhin.

Cinquième époque. — A la fin de l'époque précédente, l'Alsace et le Dauphiné jouissaient d'un climat tempéré, peut-être même chaud, lorsqu'une révolution extraordinaire est venue ramener la basse température de la deuxième époque. Si, comme l'analogie porte à le croire, cette nouvelle invasion du froid a été accompagnée d'une variation dans le niveau relatif de la mer et des terres, cette variation a été un exhaussement des côtes, aujourd'hui masqué par un abaissement à peu près de même valeur, survenu au commencement de la période actuelle. Quoi qu'il en soit, il est certain que, postérieurement au dépôt de tous les terrains quaternaires précédemment décrits, après le second creusement des vallées et alors que le pays avait exactement sa configuration actuelle, des milliers de blocs erratiques partis des Alpes se sont répandus sur presque toute l'étendue de la plaine du Rhône (2).

---

(1) Il est possible qu'il y en ait également dans le diluvium inférieur ; les alluvions anciennes de la Suisse, que nous rapportons à ce diluvium, en renferment. Cela prouverait que ces mammifères ont fait leur apparition dès la première époque quaternaire qui a pu avoir une longue durée.

(2) On a objecté (*Archives des sciences physiques, etc., de Genève*, t. XXXVI, p. 271) que si la dispersion des blocs erratiques superficiels avait eu lieu à l'époque que nous lui assignons, les terrasses composées de matières meubles auraient été effacées par la marche des glaciers. Nous ferons d'abord observer que cette objection, si elle était solide, porterait uniquement contre la théorie glaciaire, car le fait de l'existence des blocs erratiques à la surface des terrasses *les plus basses*, où ils semblent souvent avoir été posés délicatement sur le lehm, est frop fréquent et trop évident dans les vallées du Rhône et de l'Isère, pour qu'on puisse le révoquer en doute ; mais nous croyons

Ces blocs manquent sur les bords du Rhin dans l'Alsace ; ils n'y sont point parvenus par la raison qui a été donnée plus haut pour expliquer l'absence des débris glaciaires de la deuxième époque ; mais on en trouve d'analogues dans les vallées des Vosges. Nous avons cité particulièrement ceux des environs de Saint-Amarin qui par leur gisement correspondent rigoureusement à ceux du Dauphiné.

Nous terminerons notre comparaison en faisant remarquer de nouveau la parfaite concordance qui existe entre les phénomènes quaternaires de l'Alsace et ceux de la plaine dauphinoise et en rappelant que le Rhône et le Rhin, qui ont joué autrefois exactement le même rôle pendant la durée de ces phénomènes, présentent encore aujourd'hui des traits frappants de similitude. Nés à peu près au même lieu, ils ne sortent des montagnes que pour entrer dans le même bassin géologique, après s'être purifiés l'un et l'autre dans le sein d'un grand lac. Leur gravier a le même aspect et presque la même composition ; la couleur de leurs eaux est semblable. Leur allure seulement est différente : à l'issue des Alpes, l'un fort et impétueux va droit à la mer par le chemin le plus court ; l'autre, d'un cours plus doux et plus tranquille, ne se perd dans l'Océan qu'après de longs détours ; mais il est à remarquer que cette opposition de caractères est ancienne et date de la période

---

que même la théorie glaciaire n'est pas menacée par cet argument. D'après les expériences de M. Forbes, la progression d'un glacier se ralentit ou s'accélère, suivant que sa masse s'élargit ou se resserre, absolument comme la vitesse moyenne d'une rivière, quand sa section augmente ou diminue. Il est également prouvé que, par suite du frottement, le mouvement près des bords est moindre qu'au centre ; d'où l'on doit conclure qu'il en est de même au fond, où le frottement est encore plus considérable. Enfin, on sait que, tout étant égal d'ailleurs, la vitesse de translation est d'autant moindre que la pente est plus faible. Ne peut-on pas conclure de l'ensemble de ces faits que, lorsque les glaciers de la dernière époque quaternaire étaient parvenus dans la plaine du Dauphiné, où ils se dilataient brusquement, sur une étendue de près de 40 myriamètres carrés, ils cessaient de progresser sur les bords et dans les profondeurs, à cause de l'énormité de la résistance. De leur réunion, il résultait un *glacier-lac* qui sans doute n'était pas complétement en repos, mais dont les mouvements n'étaient bien sensibles qu'à la surface et dans les parties centrales ; en un mot, il était soumis à d'autres lois que celles des *glaciers-courants* qui se jetaient dans son sein. L'analogie si complète qui existe, quant aux mouvements, entre un glacier et une masse demi-fluide autorise cette supposition.

quaternaire elle-même ; elle a été en quelque sorte personnifiée, d'un côté, par les cailloux du Dauphiné, de l'autre, par le lehm limoneux de l'Alsace.

M. Virlet fait la communication suivante :

De la formation des oolithes et des masses nodulaires en général ; par M. Virlet d'Aoust.

La structure granulaire et globuliforme que présentent un grand nombre de couches calcaires de toutes les époques géologiques, et plus particulièrement de la grande formation qui lui doit son nom caractéristique d'*oolithique*, a de tout temps appelé l'attention des naturalistes et des observateurs émerveillés à la vue de ces myriades de petits sphéroïdes calcaires ou ferrugineux disséminés dans les couches, et quelquefois amoncelés en si grande abondance, que, semblables alors à certains grès, elles paraissent les constituer en entier.

Quoique le métamorphisme ait probablement fait disparaître la plus grande partie des oolithes des terrains anciens (1), cependant les couches qui restent formées de ces petits sphéroïdes, généralement de grosseur uniforme dans une même assise, recouvrent en-

(1) Les travaux géologiques de MM. Oliviéri, Murchison, de Verneuil et Helmersen nous ont fait connaître que les terrains anthracifères de Moscou, de Toula, de Kalouga et de Tver sont peu accidentés, et que les roches qui les composent ne paraissent avoir subi, depuis leur dépôt, aucune modification sensible. Ainsi, on y trouve des grès avec assises de sables encore meubles, des argiles avec débris de Lépidodendron, de *Stigmaria*, et d'autres plantes houillères qui ont conservé leur plasticité originelle. La houille y est plus ordinairement à l'état de lignite, laissant parfois apercevoir les débris encore très distincts des végétaux dont elle est composée. Les calcaires à *Productus*, à Orthocératites, à *Spirifer*, etc., sont souvent tufacés, quelquefois plus ou moins compactes, mais présentent rarement une structure grenue. Enfin, ils sont parfois oolithiques comme les calcaires jurassiques, ce qui prouve que les causes qui ont donné naissance aux petits globules existaient déjà à cette époque reculée, et que si la structure oolithique, à quelques exceptions près, comme par exemple dans les calcaires bleus des environs d'Avesnes, et les oolithes ferrugineuses du bassin de la Meuse, exploitées en Belgique sous le nom de *minerai oligiste violet*, ne s'observe que très rarement dans les roches de cette époque, comme dans celles d'une époque plus ancienne encore, c'est que le métamorphisme auquel elles ont été généralement soumises l'a fait complétement disparaître.

core des régions très étendues des surfaces émergées. Ces immenses amas de petits globules nous font voir comment la nature, procédant par des infiniment petits, est arrivée, à l'aide du temps, à constituer l'un des traits les plus caractéristiques de la structure de la croûte du globe.

Il n'est donc pas étonnant que depuis Strabon et Pline, qui, déjà, s'étaient préoccupés de cette formation, comparable à celle de ces dépôts puissants de tripoli entièrement composés d'infusoires fossiles dont les belles observations microscopiques de M. Ehrenberg nous révélaient naguère l'existence ; il n'est donc pas étonnant, dis-je, qu'un phénomène à la fois aussi petit ou aussi grand, selon qu'on l'envisage dans ses détails ou dans son ensemble, ait préoccupé tous les géologues et ait suggéré une multitude d'hypothèses pour expliquer une formation aussi étonnante que merveilleuse.

Il serait beaucoup trop long et peut-être un peu fastidieux d'entreprendre ici l'analyse de chacune de ces hypothèses; aussi me bornerai-je à les grouper et à les indiquer collectivement suivant un certain ordre d'idées.

1° On peut réunir d'abord en un seul groupe les naturalistes qui autrefois regardaient les globules oolithiques, ainsi que les fossiles, comme des jeux de la nature, et ceux qui croyaient, avec Lachmund, Becher, Karsten, que c'était tout simplement une conglomération de grains de sable arrondis mécaniquement.

2° Viennent ensuite se grouper les personnes qui, comme Boet de Boot, Kundman, Klein, Gessner, Wormius, Woodward, Wallerius, Rauwolf, etc., croyaient que ces grains n'étaient que des espèces de stalagmites en grains arrondis ou de petites œtites globuleuses et ferrugineuses.

On peut encore ranger dans le même groupe, comme se rattachant au même genre d'idées, l'opinion des naturalistes qui, s'appuyant sur les observations faites sur la formation des *confetti* ou *dragées de Tivoli* et d'autres lieux, considèrent les oolithes en général comme des concrétions formées au milieu des courants et arrondies par suite du frottement et du ballottage qu'elles auraient éprouvés, etc. Daubenton, de Saussure, Spallanzani, Gillet de Laumont, Breislak, de Buch, Al. Brongniart, etc., sont les auteurs qui ont le plus contribué à accréditer ces idées.

Les *Pisa lapidea*, les *Pisa Bethleemitica* de Rauwolf, les *calculs* des bains de Saint-Philippe en Toscane, les *Bellaria lapidea* qui se forment au milieu des cascades ou des sources minérales sont des concrétions analogues aux pralines, dragées ou confetti de Carlsbad, de Tivoli, et ont contribué comme elles à étayer cette

manière de voir qu'on a eu seulement le tort de vouloir trop généraliser.

3° A ces hypothèses succédèrent celles qu'on pourrait appeler *animales*, c'est-à-dire qui admettaient avec Bajer, Blumenbach, Buttner, Scheuchzer, Fischer, Bruchman, Rappoldt, etc., que les oolithes sont des œufs de poissons, d'une espèce de raie, de thon, etc.; ou bien qui admettaient avec les auteurs des *Curiosités de la Nature* de Bâle, que c'étaient des œufs de crustacés. Ceux-ci s'appuyaient principalement sur la structure concentrique et le point noir qu'offrent dans leur centre certains oolithes, pour en conclure, par analogie, que ce devait être le fœtus de l'œuf de l'écrevisse de mer. Il y a enfin des personnes qui croient avec Blumenbach que ce sont des œufs de crinoïdes, et d'autres que ce sont des œufs de mollusques, etc.

De ces dernières hypothèses sont naturellement venus les noms génériques de *pierre ovaire*, de *pierre oolithique* ou d'œufs. Cependant le nom d'*oolithe* ou d'*ovaire* était réservé en particulier pour indiquer les oolithes de grosseur moyenne, tandis qu'on désignait sous les noms d'*orobites* ou de *pisolithes*, celles qui avaient la grosseur de la graine d'orobe ou de pois; les *cenchrites* désignaient les oolithes miliaires, c'est-à-dire celles qui avaient la grosseur des grains de millet; les *méconites* étaient celles qui se composaient de très petits grains de la grosseur des grains de pavot; enfin, il y avait les *amites* ou *ammites*, nom qu'on leur avait donné à cause de la ressemblance qu'on avait cru reconnaître entre leur structure et celle des ammonites. Celles-ci pouvaient avoir toutes les dimensions depuis la microscopique jusqu'à deux pieds et plus.

4° Après les hypothèses animales, viennent naturellement celles qu'on pourrait également appeler *végétales*, c'est-à-dire qui supposaient, avec Scheuchzer, Mercator, d'Argenville, etc., que les oolithes ne sont que des graines de plantes pétrifiées et agglutinées, des pois, des lentilles, etc., ce qui les faisait désigner sous le nom de *pierres fromentaires* ou *frumentaires*, qui comprenaient les *pisolithes* et *orobites*, les *porpites*, les *phacites* et *phacolithes*, les *pierres lenticulaires*, certaines *nummulithes* que l'on considérait comme des grains de froment ou des espèces de lentilles pétrifiées.

Dans cette catégorie viennent naturellement se ranger les personnes qui aujourd'hui encore supposent que ce sont des espèces de *gyrogonites* ou graines de *Chara*, qu'on trouve en effet souvent à l'état fossile.

5° A cette classification il faut encore ajouter les opinions de

Wormius, de Woodward, de Wallerius et d'autres, qui regardaient les oolithes comme des condensations d'émanations gazeuses, ou comme la coagulation des parties pierreuses contenues dans les eaux et tombant comme des gouttes glacées les unes sur les autres, et compléter la liste des auteurs anciens déjà cités par ceux d'Agricola, d'Aldrovandi, de Francesci (Ernest), de Calceolari, de Schmidt, de Milius, de Lang, etc., comme s'étant également occupés de la matière à différents points de vue.

De toutes ces opinions basées sur des observations partielles plus ou moins bien faites, il résulte qu'on doit bien se garder en toutes choses d'être trop exclusif, car la nature s'est rarement bornée à un seul moyen pour produire des résultats analogues, et qu'il vaut quelquefois mieux se faire une opinion mixte, comme E. Bertrand, par exemple, qui, dans son *Dictionnaire oryctognostique universel*, cherche déjà à concilier les opinions reçues de son temps, à savoir qu'il pouvait y avoir des oolithes formées par de simples concrétions, et d'autres qui étaient le résultat de véritables *ovaires* ou de véritables *frometaires*.

Il est bien certain que la structure globulaire, si fréquente dans les roches, est due à plusieurs causes :

Premièrement. Structure globulaire. — La structure des pyrométides et des diorites orbiculaires de la Corse, des diorites suborbiculaires des Vosges, des porphyres amygdalaires du Mexique que je citais dans la précédente séance, et de tant d'autres roches, est bien certainement due à un remaniement moléculaire intérieur, si l'on peut s'exprimer ainsi, à une cristallisation due aux actions métamorphiques, à une tendance qu'ont en général beaucoup de substances à prendre cette forme. M. Delesse, dans ses intéressantes *Recherches sur les roches globuleuses* (1), a traité cette question *in extenso*. Il y attribue généralement la forme globulaire ou orbiculaire à un excès de silice contenu dans les roches (2).

---

(1) *Mém. de la Soc. géol.*, 2e série, t. IV, p. 301, et les *Bull. Soc. géol.* de la 2e série.

(2) Le hasard m'a fait parfaitement reproduire artificiellement la structure globulaire avec des silicates factices. Voici comment : me trouvant en 1844 dans une petite verrerie à bouteilles de la commune de Saint-Berain (Saône-et-Loire) que j'habitais, au moment où il venait d'y arriver un petit accident qui nécessitait la démolition du four, et me rappelant avec quelle facilité j'avais plus d'une fois obtenu dans les forges des cristallisations avec les silicates ou scories qui s'écoulent des hauts fourneaux à l'aide d'un refroidissement lent (en une ou deux heures seulement), lequel produit toujours une dévitri-

La structure oolithique que j'ai observée dans les amas prismatiques et basaltiformes de fer à la fois hydroxydé et magnétique gisant au milieu des masses serpentineuses de l'île de Skyros (1) est certainement due à un phénomène moléculaire analogue, et il en est encore de même du beau minerai de fer oligiste et magnétique en grains de Galvan, au Mexique, qu'on a pu voir figurer à l'Exposition universelle de Paris, et dont je mets ici des échantillons sous les yeux de la société. Le beau filon qui le fournit, exploité par M. J. Guillemin pour les forges de Saint-Raphaël, présente tous les caractères des filons plutoniques. J'y ai remarqué que la structure pisolithique de l'intérieur de la masse ne se manifestait pas au contact des salbandes.

Les minerais en couches si curieux de la Voulte (Ardèche) et de Sargans, canton de Saint-Gall (Suisse), présentent des phénomènes intéressants de déplacements moléculaires (2); l'un et l'autre appartenaient originairement à la structure oolithique que le

---

fication et une masse grenue qu'on pourrait aisément confondre avec de certaines roches cristallines anciennes, en même temps que les cristaux qui ressemblent à du feldspath se développent dans des cavités, j'eus aussitôt l'idée de profiter de cette circonstance pour reconnaître les effets d'un refroidissement beaucoup plus lent sur le verre d'une teinte verdâtre assez claire qui servait à la fabrication. J'obtins facilement du propriétaire de l'usine de laisser un pot, encore rempli au tiers, dans le four, dont je fis exactement reboucher les ouvertures. Au bout de cinq jours, il fut retiré à peu près complétement refroidi, et la matière contenue consolidée. Je fus agréablement surpris de voir que le verre, également passé de l'état hyalin à l'état compacte, présentait une surface plissée d'un gris cendré; la masse intérieure avait une structure fibreuse, cristalline, rayonnante et globulaire, ressemblant quelque peu à du pyroxène ou à de la trémolithe, et chaque sphéroïde avait de 7 à 8 centimètres de diamètre. Ce qui me frappa surtout dans cette expérience, c'est que le silicate du verre, ordinairement si adhérent aux pots quand il est à l'état hyalin, s'en était détaché comme par une espèce de répulsion pour le silicate du pot, et avait laissé sa surface parfaitement nettoyée. Comme je quittais alors la Bourgogne, je ne pus donner suite à cette curieuse expérience, et mes échantillons furent même égarés; mais heureusement que M. Fournet, qui était venu chez moi dans ces entrefaites, put en emporter des échantillons qui figurent probablement dans sa collection, et je suppose même qu'il en aura fait l'analyse, car ce fait avait paru également l'intéresser beaucoup. Je serais donc heureux qu'il le rattachât à l'une de ses intéressantes publications.

(1) *Géologie et minéralogie de la Grèce*, p. 238.

(2) *Bull.*, 1re sér., t. VI, p. 313, et 2e sér., t. II, p. 200.

métamorphisme a fait disparaître en même temps qu'il a donné lieu dans ces couches métalliques à des départs et à des mouvements moléculaires qui ont imprimé à la masse une apparence plutonique. A la Voulte, les petites oolithes ont été remplacées par des oolithes gigantesques, par des nodules souvent considérables d'un fer oligiste compacte qu'on exploite aujourd'hui sous le nom de *minerai agatisé* (1).

Enfin, comme preuve de la tendance que certaines substances ont à prendre la structure globuliforme, je ne crois pas sans intérêt de citer ici un fait que j'ai eu plusieurs fois occasion d'observer dans des masses appartenant, il est vrai, au règne organique, dans des tablettes de chocolat, qui avaient acquis intérieurement une structure granulaire bien prononcée, ce qui prouve évidemment qu'il y avait eu, par suite sans doute d'un commencement d'altération ou de fermentation, un déplacement moléculaire dans la masse. Au reste, M. Delanoüe a communiqué à la Société, en 1847 (2), un fait analogue dans un dépôt de protoxychlorure d'antimoine qui, après un certain temps, avait pris dans son laboratoire la forme oolithique, qu'il attribua aux oscillations du sol produites par le roulement des voitures; et il en a conclu, sans l'avoir publié cependant, que toutes les oolithes pourraient bien être dues à un phénomène analogue, en sorte qu'elles seraient selon lui le résultat d'un arrangement moléculaire déterminé par les vibrations que le sol aurait pu éprouver. Patrin avait également une opinion qui rentre en quelque sorte dans ces phénomènes d'arrangements moléculaires; car il pensait que les oolithes étaient dues à un *principe organisateur*, à une propriété de la nature de créer des pierres sphériques (3). C'était donc pour lui aussi le résultat d'un certain arrangement moléculaire de la matière au moment de son dépôt.

Je pourrais encore citer ici un autre fait d'arrangement moléculaire, mais qui est plutôt mécanique que chimique : c'est celui de grains pisolithiques que j'ai observés dans les trass du volcan de Santorin (4). J'ai considéré ces grains, qui sont de même composition que les trass, comme ayant été produits par des gouttes d'eau tombées au milieu de matières sèches pulvérulentes, phénomène

---

(1) C'est *jaspisé* qu'on aurait dû dire, car ce minerai ressemble à du jaspe rouge et non à de l'agate.

(2) *Bull.*, 2e sér., t. IV, p. 535.

(3) Voy. ses articles AMITES et OOLITHES dans le *Dict. d'hist. nat.* de Déterville.

(4) *Géologie et minéralogie de la Grèce*, p. 263.

qu'on a également observé quelquefois au Vésuve et à l'Etna pendant les éruptions des matières sèches.

Secondement. Formation des nodules par épigénie ou concrétions postérieures. — A la suite de cette structure globulaire due à des mouvements moléculaires intérieurs qui se sont opérés dans les éléments constituants de la masse, doit naturellement venir se ranger celle que je crois due à des courants et à des transports moléculaires de certaines substances qui peuvent avoir été originairement étrangères aux couches qui les renferment aujourd'hui, théorie que j'ai successivement développée dans des notes insérées dans les *Bulletins* de la Société de 1844, 1845 et 1846 (1).

Dans ces notes j'ai cherché à démontrer que les *silex meulières*, les *clavias* de la Belgique, les *cherts* des Anglais et les rognons siliceux, si abondants dans certaines formations; que les *sphérosidérites houillers* et autres; que les *Septaria*, les *ludus de Van Helmont* ou de *Paracelse*, les *priapolithes* ou *ostéocolles* de Guettard, les *Cat's heat* (tête de chat) de Yarmouth, les *Kupfstein* d'Alsace, les *chailles*, les pierres d'*Imatra* en Russie, etc., que l'on peut considérer comme des oolithes plus ou moins gigantesques; que la plupart des *minerais* dits d'*alluvion*, les *limonites géodiques* et les *minerais de fer en grains* ou *pisolithiques*, qui sont aussi de véritables oolithes de grosseurs variées; que tous ces corps à formes nodulaires et à couches concentriques s'étaient formés par une espèce d'imbibition, dans les roches qui les renferment, postérieurement à leur dépôt, et par suite de déplacements ou de transports moléculaires et des forces attractives qui leur ont fait prendre les formes sphéroïdales qu'elles offrent généralement.

Dans ma seconde note, adressée à M. Becquerel, j'avais cherché à expliquer ces transports moléculaires par des actions électrochimiques, mais depuis j'ai cru devoir abandonner toute espèce de théorie pour ne plus m'attacher qu'au *fait*, savoir : que les silex de la craie, par exemple, comme les *xylolithes* ou bois silicifiés, se sont formés par un transport moléculaire de la silice, qu'elle ait été ou non puisée, par une cause quelconque, dans la masse qui les renferme, laquelle est venue se grouper par une attraction que je ne cherche pas plus à expliquer, mais qui est incontestable, autour de certains points et y former des nodules ou transformer en silex, ou en quartz résinite, par une espèce d'*épigénie*, les corps organisés, quels qu'ils soient, qu'elle remplace. Voilà le fait; je

(1) *Bull.*, 2e sér., t. I, p. 746, t. II, p. 198, et t. III, p. 150.

laisse ensuite à chacun la liberté d'expliquer, comme il l'entendra, comment et par quelle cause la silice a d'abord été dissoute.

La question me paraît assez importante pour qu'on me permette d'exposer ici les progrès qu'elle a faits depuis. D'abord quand j'ai émis, lors de la réunion extraordinaire de la Société à Chambéry, mes premières idées sur la formation des nodules siliceux, elles y ont eu l'approbation d'un observateur judicieux et distingué, de notre confrère, M. le chanoine Chamousset, qui a inséré dans les comptes rendus de ces réunions des notes intéressantes à la suite des miennes; puis est venu notre si regrettable collègue et ancien Président, M. Dufrénoy, observateur très sagace et un peu sceptique. Après avoir émis d'abord lui-même une théorie tout à fait différente (1), son esprit judicieux l'a porté à admettre franchement mes idées, et il s'exprime ainsi à la page 107 du 2e volume de la 1re édition de son *Traité de minéralogie*.

« Les rognons de quartz silex sont disséminés dans les terrains calcaires, principalement dans ceux du Jura, ou de la craie. Les silex de ces deux formations ont généralement des caractères différents, et leur position est également différente, quoique dans l'un et l'autre cas ils forment des *rognons postérieurs*. »

« Les *silex du calcaire du Jura* existent avec abondance dans la partie inférieure de cette formation; ils y sont ordinairement très mélangés de calcaire; quelquefois même la roche est simplement endurcie par un suc siliceux, qui s'est concentré dans quelques parties, où une cause inappréciable, probablement des fossiles, ont servi de centres d'attraction. Ils ne se distinguent, dans ce cas, de la roche que par une nuance plus foncée et un durcissement considérable. C'est cette variété de silex que les Anglais désignent sous le nom de *cherts*. »

« Les *silex de la craie*, quoique en rognons isolés, forment ordinairement par leur ensemble des bandes de véritables couches qui, de loin, paraissent continues; ils affectent donc une espèce de stratification apparente. Ils sont en outre presque toujours purs, à l'exception de leur surface qui admet quelquefois un léger mélange de chaux carbonatée. Souvent ils contiennent dans leur intérieur un corps organisé distinct, transformé en silice; leur examen au microscope décèle un tissu organique qui annonce que la plupart d'entre eux remplacent des polypiers. Cette circonstance fait généralement admettre que les silex de la craie sont des pétrifications dues à des animaux marins de l'ordre des éponges. Leur

(1) *Bull.*, 1re sér., t. XIV, p. 318, ou 2e sér., t. II, p. 205.

disposition régulière tient à ce que, dans les terrains neptuniens, les fossiles sont généralement disposés par couches. »

Enfin, après avoir parlé des opales et des hyalithes, qu'il suppose avoir été formées par un précipité gélatineux (1), il s'exprime encore de la manière suivante :

« Mais on ne saurait expliquer ainsi la formation des rognons et des filons de ménilithe qui existent dans les marnes du plâtre. On ne peut également supposer cette origine pour le quartz résinite qui remplace des corps organisés et principalement pour ceux qui forment la substance des bois pétrifiés. Le quartz résinite, dans ce cas, est évidemment postérieur, mais en outre il s'est introduit successivement et par une espèce de cémentation qui a eu lieu molécule à molécule ; en effet, ce n'est plus ici un simple moulage, mais le remplacement est si parfait que le tissu le plus délicat du bois, qu'on ne peut étudier qu'au moyen d'un grossissement de 300 à 400 fois, est parfaitement conservé, etc.

» Un fait digne de remarque, c'est que la silice paraît posséder seule cette propriété de pétrification ; il semblerait que la matière organique exerce sur elle une certaine attraction, par suite de laquelle a lieu le remplacement des fossiles. On trouve bien, il est vrai, du bois à l'état de chaux carbonatée, mais ce sont de simples moules, et non des pétrifications. »

J'ai cité, cependant, des tiges de plantes houillères, provenant des mines de Saint-Bérain et de Saint-Léger, réellement pétrifiées et où le fer a joué le rôle de la silice ; mais, comme c'est une substance opaque, une partie seulement du tissu organique intérieur est resté apparent. J'en ai adressé dans le temps de nombreux échantillons à M. l'abbé Landriot, pour la collection du séminaire d'Autun, et à M. Ad. Brongniart pour les collections du Muséum.

Postérieurement, en 1850, M. Marcel de Serres a publié *sur l'origine des silex de la craie*, dans les *Mémoires de la Société linnéenne de Bordeaux*, des observations dont je n'ai eu connaissance que par la citation qu'en a faite M. Gaudry. Reprenant à peu près les idées de M. Ch. Lyell, il admet que la silice des silex de la craie pourrait très bien provenir des débris des infusoires qui les composent.

---

(1) J'ai plusieurs raisons de considérer plusieurs de ces substances comme étant plutôt la conséquence d'un suintement, d'une véritable sécrétion des roches qui les renferment.

M. Ehrenberg, également cité par M. de Pinteville, dans son mémoire sur la Sicile, s'exprime de la manière suivante sur le même sujet: « Il y a, d'un côté, entre la présence des marnes à infusoires siliceux de la craie du sud, coïncidant avec l'absence des silex pyromaques, et, d'un autre côté, la présence des silex pyromaques dans la craie du nord, coïncidant avec l'absence des marnes à infusoires siliceux, une relation qui met sur la voie d'expliquer le phénomène singulier des silex pyromaques de la craie, et fait présumer qu'ils doivent leur existence à la transformation de la silice dissoute des infusoires en silex compactes. »

En 1852, M. A. Gaudry, reprenant à son tour la question en général, en a fait l'objet d'une intéressante thèse de géologie, intitulée: *Sur l'origine et la formation des silex de la craie et des meulières des terrains tertiaires*. En ce qui concerne les silex de la craie, l'auteur pense que « la plus grande partie provient de sources marines qui précipitaient la silice au fond des mers, puisqu'elle s'est séparée de la craie par une attraction des molécules de la même nature, et enfin que pendant la consolidation des couches, il y a eu suintement d'eaux siliceuses ; ce suintement a produit plusieurs des accidents que présentent les bancs, les nodules et les fossiles silicifiés; « quant aux silex meulières, ils seraient également dus à des précipités de silice venant de sources pendant et après leur consolidation.

» Les différences essentielles qui séparent les silex meulières du silex proprement dit viennent de ce que les silex proprement dits ont été formés dans des eaux profondes et par une *précipitation lente*, tandis que les meulières ont été formées dans des eaux peu profondes et par une précipitation rapide. »

Ces conclusions sembleraient différer essentiellement des miennes; cependant je crois pouvoir dire que M. Gaudry partage d'une manière générale ma manière de voir ; mais il ne faut pas qu'on s'imagine qu'une thèse soit un écrit où l'auteur est libre de dire tout ce qu'il pense ; bien au contraire, et c'est là une chose triste à dire, sans doute, il faut que, sous peine de se voir refuser la licence ou le doctorat, il se garde bien de trop s'écarter des idées reçues jusqu'alors, car autrement il pourrait être impitoyablement refusé, et verrait se fermer à tout jamais les portes de l'enseignement pour lui.

Depuis, deux hypothèses nouvelles qui ne me paraissent pas plus acceptables l'une que l'autre ont surgi : l'une, de M. Hébert qui, assimilant les silex du bassin parisien à ceux formés par les Geysers d'Islande, suppose qu'ils sont dus à des dépôts d'eaux ther-

males ; l'autre, de M. Meugy (1) qui pense que « la structure particulière de la pierre meulière est due à la réaction opérée sur les calcaires lacustres par les eaux acides qui ont afflué à une époque postérieure au dernier calcaire et antérieure aux faluns de la Touraine, etc. » Les silex meulières ne seraient donc, pour M. Meugy comme pour M. Al. Brongniart (2), que la carcasse siliceuse du calcaire siliceux. Or, ce calcaire ne serait-il pas plutôt lui-même un calcaire silicifié postérieurement à son dépôt, comme le calcaire du lias des environs d'Avallon, auquel les géologues du pays ont si improprement donné le nom d'*arkose*, parce que cette silicification affecte en même temps la vraie arkose ou grès feldspathique sur lequel il repose, confondant, ainsi que je l'ai démontré, deux choses non-seulement minéralogiquement très différentes, mais encore d'âges différents (3).

Voilà où en est aujourd'hui la question relative au transport moléculaire de la silice, et l'on peut voir par ce court aperçu que, si elle n'a pas encore conquis tous les suffrages, elle a au moins reçu la sanction d'observateurs éminents.

Mon opinion, relativement au transport moléculaire du fer et à la formation postérieure des minerais limoneux et en grains, a également été sanctionnée par deux faits importants et contre lesquels il me paraît assez difficile de pouvoir élever des objections. L'un, qui a été constaté par M. Marrot, inspecteur général des mines, consiste en une géode d'hématite fibreuse enveloppant et incrustant environ 200 pièces de monnaies d'argent du XIVe ou du XVe siècle (4), trouvée à Périgueux ; l'autre est celui que j'ai eu occasion de constater moi-même dans la collection de l'école des mines de Mexico, où il m'a été signalé par M. Vélasquez de Léon, alors professeur de géologie et de minéralogie, depuis ministre de Fomento et directeur de l'école. Il consiste en une gaîne de couteau transformée ou plutôt remplacée également par de l'hématite jaune grenue, présentant une surface un peu mamelonnée. Elle a été trouvée aux États-Unis dans des alluvions fort récentes.

D'un autre côté, Dufrénoy, dans l'ouvrage déjà signalé, s'exprime ainsi relativement à l'origine des *œtites* : « La formation de ces pierres est sans doute due à des infiltrations ferrugineuses qui ont solidifié, en les cernant, une certaine quantité d'argile ; celle-ci, en

(1) *Bull.*, 2e sér., t. XIII, p. 417, 581 et 602.
(2) *Description géologique des environs de Paris*, p. 79.
(3) *Bull.*, 2e sér., t. III, p. 527.
(4) *Bull.*, 2e sér , t. II, p. 675.

se desséchant, a donné lieu aux noyaux mobiles qui en occupent l'intérieur. » Plus loin il s'exprime encore ainsi sur la formation des *flat-iron* des Anglais ou minerais de fer carbonaté des houillères en plaquettes : « Ce sont, à bien dire, des couches de grès enrichies par un suc de carbonate de fer ; leur richesse est donc variable, etc. » Ainsi, pour ces deux cas, Dufrénoy admet comme moi la formation postérieure du fer.

M. Meugy a publié aussi un mémoire *sur le gisement, l'âge et le mode de formation des minerais de fer du département du Nord et de la Belgique* (1). Dans ce travail, d'ailleurs fort intéressant, l'auteur, s'écartant de ces idées, cherche à démontrer que les minerais carbonatés et hydroxydés géodiques, dits d'alluvions, des environs d'Avesnes et autres lieux, se sont déposés à l'époque wealdienne, et qu'ils sont le résultat de dépôts de sources qui auraient fait éruption le long du filon N.-S. qui traverse le calcaire inférieur et le système de Burnot.

Quant à ce qui concerne les mouvements moléculaires du calcaire, la question n'a pas moins avancé, puisque, reprise en 1853 par un des observateurs les plus perspicaces, M. Fournet, elle lui a servi, dans ses *Observations relatives aux oolithes calcaires formées dans une terre végétale des environs de Lyon* (2), à démontrer aussi, avec la précision qui caractérise tous ses travaux, que non-seulement ces petites oolithes se sont formées par concrétions et à l'aide d'un transport moléculaire du calcaire qui est venu se grouper concentriquement en vertu de forces attractives autour d'un centre, postérieurement au dépôt du lehm qui les renferme, mais encore que les Kupfstein et même des assises entières doivent leur solidification à ces transports du calcaire, « repris, dit-il, par l'eau et l'acide carbonique. » Je vois avec plaisir M. Fournet sanctionner ainsi ce que j'avais dit relativement aux sables et grès de Fontainebleau (3), où le calcaire amené par des courants avait d'abord pu se cristalliser sur certains points en englobant les fragments siliceux, sous l'une de ses formes habituelles, et y produire ces curieux rhomboèdres dits de grès qui figurent dans

(1) *Annales des mines*, 5e sér., t. VIII, p. 147.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXVII, p. 926.

(3) La plupart des dépôts sableux présentent des phénomènes analogues, et notamment les grès et sables moyens dits de Beauchamp. C'est dans ces derniers que le grand aqueduc de décharge des eaux de Paris à Asnières a été creusé ; ils y ont fait voir des horizons de rognons calcarifères plus ou moins volumineux, particulièrement formés sur les points qui présentaient des débris de coquilles.

toutes les collections et qui, à vrai dire, ne sont que de simples rhomboèdres de chaux carbonatée ordinaire, formés à travers le sable comme s'il n'avait pas existé; puis, sur d'autres, servir à conglomérer le sable et à former ces nodules immenses qui atteignent les proportions gigantesques de 15 à 30 mètres et plus qu'on rencontre parfois au milieu des sables, et j'ajoutais que l'opération se continuant, on avait là la clef de la solidification successive de beaucoup de couches meubles, soit par le calcaire, soit par la silice, soit par le fer.

M. Fournet termine son mémoire en annonçant « qu'il fera l'application de ces prémisses à la formation du fer pisolithique, des tubercules siliceux, des rognons pyriteux, des œtites et autres configurations minérales du même genre, en même temps qu'il s'attachera à lever quelques autres difficultés concernant ces sphéroïdes. » Il est à désirer que cette promesse se réalise, car elle ne pourra que jeter une vive lumière sur une des questions les plus difficiles et les plus intéressantes de la géologie pétrographique.

Formation des pisolithes. — Nous avons donc, dans ces concrétions dues à des mouvements moléculaires, l'explication de la formation de beaucoup d'oolithes de dimensions diverses, depuis les proportions les plus minimes jusqu'aux dimensions gigantesques que je citais précédemment; mais il s'en faut que toutes aient la même origine, et il est probable, par exemple, que les grosses oolithes rondes d'Is-sur-Tille, que celles à formes ellipsoïdales de la grosseur d'un œuf de pigeon, de Pretty, près de Tournus et de beaucoup d'autres lieux, devront être rapportées aux phénomènes des *confetti* ou des *pisolithes* proprement dites, dont la cassure présente une succession de couches testacées différentes et dont le centre est souvent occupé par des grains de sable qui ont servi de centre de cristallisation. Ces grains, mis en mouvement au milieu de sources incrustantes qui les soulèvent, les agitent, les roulent les uns contre les autres, se chargent successivement de chaux carbonatée jusqu'à ce que leur poids devienne trop considérable pour pouvoir continuer à être soulevés par les eaux; ils tombent alors au fond du bassin et se soudent bientôt les uns aux autres en donnant lieu ainsi à la formation d'une couche solide. Telle est l'origine des *dragées de Tivoli* dont la forme et le nom rappellent la disposition; des *calculs* des bains de Saint-Philippe; des charmantes *pisolithes* arragonitiques de Carlsbad, dont la formation peut s'observer sous les yeux.

Formation des oolithes. — Il n'en est pas de même cependant des petites oolithes de Brancion, de Givry et d'autres localités du

département de Saône-et-Loire, qui sont des oolithes proprement dites, dont les grains sont bien aussi, à la vérité, des concrétions, mais des concrétions contemporaines de la roche, c'est-à-dire qu'elles se sont formées en même temps qu'elle.

En 1843, M. Ehrenberg, à la suite de ses travaux microscopiques, communiquait à l'Académie des sciences de Berlin ses observations sur les oolithes de l'Allemagne et de l'Angleterre, et il annonçait que les centres de ces oolithes étaient pour la plupart des *mélonies* et qu'à travers ces oolithes on remarquait des grains de quartz et de sable et des fragments d'échinodermes, etc., qui n'étaient pas recouverts d'incrustations. Il repoussait en même temps comme inadmissible l'hypothèse généralement reçue en Allemagne de l'encroûtement de petits fragments sous une température élevée, comme cela a lieu pour les pisolithes de Carlsbad (1) qui ont suggéré cette opinion.

En 1844, j'avais cherché moi-même à expliquer la formation des oolithes ferrugineuses (2), principalement en vue des cavités ovoïdes intérieures qu'elles présentent généralement; mais, depuis mon voyage au Mexique, j'ai dû abandonner complétement cette manière de voir, pour adopter le mode naturel et curieux de formation dont j'y ai été, je puis le dire, le témoin oculaire ; d'autant plus qu'il me paraît expliquer très bien plus d'une des circonstances dont aucune des hypothèses admises ne pouvait rendre bien compte.

Le centre de la plaine de Mexico, élevée d'environ 2300 mètres au-dessus du niveau de la mer, est occupé par deux grands lacs, l'un d'eau douce, celui de Chalco, est en grande partie alimenté par la fonte des neiges du Popocatépetl et de l'Ixtaccihuatl; et l'autre d'eau salée, celui de Texcoco, est en partie alimenté par le premier.

L'ancienne Tenochtitan, capitale des Aztèques, aujourd'hui Mexico, bâtie au milieu de ces lacs, était sans cesse menacée alors d'inondations par l'exhaussement périodique de leur niveau ; mais depuis que les Espagnols, par le canal de dérivation de Huehuetoca, sont parvenus à déverser dans la rivière de Moctezuma, les eaux fort abondantes de la plaine de Cuautitlan, qui se rendaient

---

(1) *Bericht über die zur Bekanntmachung*, etc. (*Bull. de l'Ac. des sc. de Berlin*, année 1843, p. 105).

(2) Par la concentration des molécules ferrugineuses provenant d'émanations ferrugineuses autour des bulles d'air ou de gaz retenues par la viscosité des eaux de la mer (*Bull.*, 2e sér., t. I, p. 741.

du lac de Zumpango dans celui de Texcoco, ce dernier lac s'est abaissé, et la ville se trouve aujourd'hui tout à fait émergée. L'abaissement du lac a naturellement laissé aussi à decouvert dans tout son pourtour le calcaire lacustre qui constitue son fond. Ce calcaire un peu marneux, d'un gris blanchâtre ou tout à fait blanc, est de formation toute récente, ainsi que le prouvent les quelques fragments de ces nombreux *navajas de itztli* (couteaux d'obsidienne) (1) qui jonchent certains points du sol des environs, et que j'y ai trouvés enclavés, notamment dans les tranchées creusées à l'ouest de la ville, par M. Griffon, architecte, pour recevoir les fondations d'un nouveau pénitencier.

Un caractère qui m'a surtout frappé dans ce calcaire du lac de Texcoco et que je n'ai pas observé dans celui du lac d'eau douce de Chaleo (2), c'est que souvent il se présente avec la texture oolithique et que les oolithes plus ou moins clair-semées qui s'y trouvent paraissent identiques d'aspect, de formes, de grosseur, avec les oolithes miliaires du système jurassique. Je n'ai pas beaucoup tardé à avoir l'explication du fait, car un jour que je me trouvais avec M. Guillemin, chez un de nos amis, M. J.-C. Bowring, chimiste distingué et directeur des salines de Texcoco, et que je lui signalais cette circonstance qui se représentait dans des tranchées qu'il faisait creuser pour ses constructions, il nous fit observer à son tour que ces oolithes étaient tout bonnement des œufs de mouches recouverts et incrustés ensuite par le sédiment calcaire que déposent journellement les eaux du lac. Le calcaire, ainsi formé, présente la circonstance signalée par M. Ehrenberg dans les oolithes d'Allemagne de grains de sables et de débris organiques qui ne paraissent pas incrustés comme les oolithes, ce qui semblerait démontrer que, soit par suite de la forme sphéroïde de l'œuf, soit par les réactions chimiques que peut avoir déterminées la matière

---

(1) Chose assez curieuse, j'ai reconnu dans la collection de M. le général Albert de la Marmora des fragments de couteaux en obsidienne parfaitement identiques trouvés par lui dans l'île de Sardaigne (voy. le grand et beau travail qu'il vient de publier sur la géologie de cette île).

(2) Du moins à San-Juan-Itayopa, situé sur le bord occidental du lac, seul point où, par suite d'un soulèvement partiel assez récent, j'ai pu l'observer. Ce soulèvement, d'au moins 30 mètres, m'a paru être dû à un épanchement basaltique du volcan d'Ajusco (*El Teutle*) qui se serait glissé au-dessous d'anciennes coulées qu'il aurait soulevées avec les calcaires lacustres qui les recouvraient déjà.

animale sur le calcaire, toujours est-il que ce sont les œufs qui paraissent avoir été incrustés de préférence.

Ce fait, dont je compris aussitôt toute la portée géologique, me parut assez important pour que je tinsse à le vérifier par moi-même, et à l'époque de la ponte la plus abondante, qui a lieu dans le mois d'octobre, nous retournâmes sur les lieux, M. Guillemin et moi, en compagnie de MM. Ernest Cravéri et Poumarède, chimistes, qui n'étaient pas moins désireux que nous de constater ce nouveau mode de formation.

Nous avons pu effectivement voir, dans les endroits peu profonds, comment des milliers de petits moucherons amphibies appartenant, d'après M. Guérin-Méneville, à deux espèces de *Corise*, de Geoffroy, hémiptères de la tribu des Notonectides, dans la famille des Hydrocorises ou punaises d'eau et qu'il a dénommées, l'une, celle qui est de beaucoup la plus abondante, *Corixa femorata*, et l'autre, dont les œufs sont un peu plus gros, *Nonnecta unifasciata*, nous avons pu voir, disons-nous, comment ces insectes, voltigeant dans l'air en quantité innombrable, vont, en plongeant de plusieurs pieds et même de plusieurs brasses, déposer leurs œufs au fond du lac ou sur les corps qu'ils rencontrent plus à leur portée; puis, après avoir accompli cette loi de la nature, ils sortent pour aller probablement mourir à quelque distance de là!....

En même temps que nous assistions à ce spectacle saisissant et si nouveau pour nous, nous eûmes l'avantage d'assister aussi à la pêche ou à la récolte de ces œufs, lesquels servent d'aliment aux Indiens, auxquels on les vend sous forme de galettes ou de petits gâteaux (1), qui portent le nom d'*haulle* (haoutlé), tandis que les

(1) On accommode cette graine de farine de Corise de différentes manières. Madame Bowring, qui voulut bien nous en faire préparer, nous les servit sous forme de matelotte que nous trouvâmes assez bonne, quoique un peu fade, parce que nous n'y ajoutions pas l'assaisonnement obligé des Mexicains, le *Chilé* (piments verts écrasés) qui leur sert de sel et qu'ils mangent avec tout, mais qui est beaucoup trop fort pour des palais européens. Lorsqu'on sert cette *marée* fraîche, elle n'a pas le goût acidulé qu'ont ordinairement les petits gâteaux. Cette acidité, qui n'a rien de désagréable, est due à la fermentation qui se développe au bout de quelque temps dans la pâte.

C'était autrefois le plat national mexicain, remplacé aujourd'hui par les *frijoles* (petits haricots noirs ou rouges), et voici ce qu'on lit à ce sujet dans la *Historia antigua de Mexico y de su conquista*, por don Francisco J. Clavigero :

« Parmi les mouches, indépendamment de l'espèce commune qui

mouches servent à la nourriture des oiseaux et s'annoncent dans les rues par le cri de *moschitos*, *moschitos* (petites mouches) qui répond à notre cri de *mouron pour les petits oiseaux*.

Voici comment les naturels s'y prennent pour recueillir la graine des hydrocorises; ils forment avec une espèce de jonc à tige triangulaire appelé *Toulé* dans le pays, et en les pliant en deux, des faisceaux qu'ils plongent ensuite verticalement dans le lac, à quelque distance du rivage, et comme ceux-ci sont reliés par un de ces joncs, dont les bouts sont disposés en forme de bouée indicatrice, il est facile de les retirer à volonté. Douze ou quinze jours suffisent pour que chaque brin de jonc soit entièrement recouvert, en sorte que chaque faisceau sort de l'eau littéralement blanc et entièrement couvert de millions d'œufs. On

---

ne sont ni si nombreuses ni si tourmentantes que celles d'Italie en été, il y en a de lumineuses comme les verts luisants (c'est une très jolie espèce de fulgore qu'on appelle dans le pays *cocuyos* dont l'auteur veut parler). L'*axayacatl* est une mouche particulière aux lacs du Mexique. Des œufs innombrables que ces mouches déposent dans les joncs et les glayeuls ou iris du lac, on compose de gros pains que les pêcheurs vendent au marché. Cette espèce de caviar, appelé *ahuauhtli*, se mangeait du temps des Mexicains, et encore aujourd'hui c'est un mets commun sur les tables des Espagnols. Il a presque le même goût que le caviar de poisson. Les anciens Mexicains non-seulement mangeaient les œufs, mais encore les mouches réduites en masse et cuites avec du salpêtre (*nitro*) (?). »

Thomas Gage, qui a publié la relation du voyage qu'il fit en 1625 au Mexique (*La Nueva relacion que contiene los Viajes de Thomas Gage en la Nueva Espana*), en parlant de la variété infinie de comestibles dont les marchés mexicains étaient garnis, cite, parmi ceux qui étaient les plus recherchés, les serpents qui se vendaient, la tête et la queue tranchées, les chiens châtrés (*perros caponcs*), les rats, les souris, les insectes ou vers de terre, et enfin une certaine espèce de terre particulière (ce sont les œufs d'*axayacatl* que l'auteur désigne ainsi).

Cette terre se retirait du lac de Mexico sous forme de fange sableuse, semblable à l'écume de la mer, et on la recueillait avec des filets dans de certaines saisons; on la réunissait en grands tas, et on la vendait en pains ou pastilles en forme de tablettes, et il ajoute :

« Et cette marchandise ne s'expédiait pas seulement dans la capitale, mais encore s'envoyait dans les localités les plus éloignées, les Indiens la mangeant avec autant d'appétit que les Espagnols le fromage. Ils croyaient en outre que cette écume était l'appât qui attirait tant de petits oiseaux (*pajaros*) vers le lac, mais surtout et spécialement en hiver, époque de l'année où ils accouraient en quantité innombrable. »

les laisse sécher sur un drap pendant une heure au plus, pour que la graine s'en détache facilement. Après cette dernière opération, on va replacer les faisceaux dans l'eau pour continuer successivement la récolte.

Quelle que soit la quantité d'œufs qu'on extraie ainsi du lac, il en reste toujours des masses très considérables qui contribuent à la formation progressive du calcaire lacustre, et cette circonstance intéressante de la formation des oolithes calcaires par des œufs d'insectes me porte naturellement à admettre maintenant que le même phénomène a dû se reproduire à toutes les époques géologiques, et que la plupart des oolithes calcaires ou ferrugineuses qui constituent les couches dites oolithiques ont une origine analogue. Cela expliquerait parfaitement le mode irrégulier de distribution des oolithes dans les couches, ici très abondantes, quelquefois si abondantes même qu'elles semblent exclusivement composer la masse, là, au contraire assez rares, car on observe souvent en effet que certains calcaires appartenant à des couches oolithiques ne présentent, comme dans l'oolithe ferrugineuse du Mont-du-Chat, en Savoie par exemple, que quelques oolithes clair-semées.

Cela rendrait compte surtout des petites cavités centrales et ovoïdes qu'on observe dans un grand nombre d'entre elles, et plus particulièrement dans les oolithes ferrugineuses. Quand les concrétions se font rapidement, les œufs ne peuvent éclore, alors on a des oolithes creuses qui expliquent parfaitement ces cavités; et c'est probablement là un des moyens dont la nature s'est souvent servi pour empêcher le trop grand développement des hydrocorises du lac de Texcoco. Quand, au contraire, les concrétions se font assez lentement pour permettre l'éclosion, la coque percée a pu être remplie par la matière concrétante et alors aussi on a des oolithes pleines. Cette origine organique et minérale des oolithes me paraîtrait encore expliquer l'éclat nacré que j'ai quelquefois observé dans les cavités des jolies oolithes ferrugineuses meubles si curieuses de Grand-Pré (Ardennes), lequel serait dû à leur nature animale originaire qui aurait en même temps contribué, par une espèce d'attraction ou même par des réactions chimiques, à fixer concentriquement les éléments du fer ou du calcaire.

Enfin une dernière raison qui me paraîtrait limiter surtout en faveur de ce genre de formation pour les oolithes anciennes comme pour celles du lac mexicain, tient à cette particularité que présentent les œufs de forme ovalaire des hydrocorises : c'est qu'ils

sont munis d'un pédicule au moyen duquel la mère les fixe, en sorte qu'ils ne touchent réellement pas à la surface à laquelle ils sont assujettis ; cela expliquerait, circonstance essentielle à laquelle on ne paraît pas avoir fait grande attention, pourquoi les oolithes sont uniformément incrustées sur tout leur pourtour, ce qui n'aurait pas pu avoir lieu si elles avaient été déposées directement les unes sur les autres et abandonnées à leur propre poids.

D'après cette nouvelle manière d'envisager la génération des oolithes qui ajoute encore au rôle si important que le règne organique joue dans la création des masses inorganiques composant l'écorce terrestre, on doit supposer, qu'en opposition avec les idées anciennes qui voulaient qu'elles se fussent formées au milieu d'eaux en mouvement, qu'elles ont exigé, bien au contraire, des eaux tranquilles et une mer peu profonde, comme le long de la plupart des rivages, car il n'est guère probable que d'aussi petits insectes auraient pu aller déposer leurs œufs à de grandes distances des plages ou à de grandes profondeurs ; ainsi s'expliquerait pourquoi les assises d'une région pourraient présenter une structure oolithique d'un côté pendant que de l'autre elles n'en offriraient pas de traces (1). Cela expliquerait encore pourquoi enfin la formation carbonifère, qui est essentiellement, ainsi que je l'ai expliqué en 1849 (2), un dépôt de rivage soumis à des oscillations séculaires qui tantôt l'émergeait et tantôt le submergeait, présente plus particulièrement dans ses couches marines la structure oolithique.

M. Triger fait la communication suivante :

De retour aujourd'hui même d'un voyage que je viens de faire pour étudier les sables d'Aix-la-Chapelle et la craie de Maëstricht, je ne saurais résister au désir de vous exposer le résultat de mes observations sur les différents dépôts crétacés de cette contrée.

---

(1) L'oolithe ferrugineuse de l'*Oxford-clay*, qui constitue le beau minerai de la Voulte, est loin de présenter partout la même richesse en fer ; car au delà du col de l'Escrinet, au hameau de Ferrière, près Aubenas, ou aux Assions par exemple, le fer ne s'y trouve guère qu'à l'état rudimentaire. M. Meugy a fait voir aussi (*Bull.*, 2e sér., t. XIII, p. 879) que les dépôts ferrugineux oolithiques du nord de la France étaient circonscrits et appartenaient même à des étages différents.

(2) *Essai sur une théorie des oscillations séculaires de la surface du globe* (*Bull.*, 2e sér., t. VI, p. 617).

Plusieurs géologues distingués, MM. Fitton et Dumont entre autres, ont cru reconnaître et devoir constater par des publications l'existence de la craie chloritée, du gault et du néocomien dans les environs et sous la ville même d'Aix-la-Chapelle. S'appuyant sur la présence de la *Trigonia alæformis* au milieu des sables de cette localité, M. Fitton, le premier, en a conclu sans autre examen qu'ils appartenaient au *lower-green-sand*. Depuis cette époque heureusement, les nombreuses découvertes que l'on a faites de ce fossile ont permis de reconnaître que M. Fitton s'était trompé, et qu'au lieu d'avoir trouvé la *Trigonia alæformis*, comme il le pensait, il avait tout simplement recueilli la *Trigonia limbata* qui appartient à un tout autre horizon géologique que le néocomien, et se trouve au contraire en abondance dans le midi de la France, à Saintes et à Périgueux par exemple, à la base de la craie blanche dont elle est un des principaux fossiles caractéristiques.

L'erreur commise à propos de ce fossile est tellement bien reconnue aujourd'hui que, presque tous les géologues de la localité, MM. Bosquet, Benkorst, Müller, Debey, par exemple, ont cessé d'appeler *alæformis* cette Trigonie, et l'ont classée définitivement dans leurs collections sous son véritable nom, sous celui de *Trigonia limbata* qui lui appartient.

M. Fitton s'étant donc principalement appuyé sur la présence de la *Trigonia alæformis* pour constater l'existence du *lower-green-sand* près d'Aix-la-Chapelle, il en résulte nécessairement que son assertion à cet égard est tout aussi erronée que la détermination qu'il avait faite de ce fossile, et qu'au lieu de *lower-green-sand*, on ne doit voir dans les dépôts qui renferment cette Trigonie que de la craie blanche immédiatement inférieure à la craie de Meudon, c'est-à-dire de la craie à *Spondylus spinosus* et à *Belemnitella quadrata*, fossiles qui accompagnent constamment, en effet, aux environs d'Aix comme ailleurs, la *Trigonia limbata*.

Il nous suffira au reste, pour le prouver, de citer simplement ce que dit à cet égard M. Dumont lui-même dans son *Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liége*, où, par suite d'une influence fâcheuse sans doute, il signale aussi, près d'Aix, non-seulement du *lower-green-sand*, mais du gault et de la craie chloritée, tandis qu'il n'existe pas la moindre trace de ces dépôts dans cette intéressante localité.

Pour nous en convaincre, ouvrons en effet le mémoire de M. Dumont, et voyons d'abord les fossiles que cet auteur cite pour prouver qu'il existe autour d'Aix-la-Chapelle ce qu'il appelle

du *green-sand inférieur*, dont il a fait depuis son terrain *aachenien*, correspondant au gault et au néocomien.

C'est avec la plus scrupuleuse attention que nous avons étudié les sables, les calcaires et les argiles qui constituent l'aachenien de M. Dumont, et nous devons déclarer que, si d'un côté nous avons trouvé tous les fossiles qu'il a recueillis lui-même dans chacun de ces dépôts, de l'autre, aucun de ces fossiles, pas plus que les autres espèces que nous avons rencontrées nous-même, ne sauraient fournir le moindre indice de gault et de néocomien, tous ces fossiles sans exception constituant, en effet, la faune la plus caractéristique de la partie inférieure de la craie blanche en France comme en Angleterre.

Quel géologue, en effet, oserait aujourd'hui s'appuyer, pour prouver l'existence du gault et du néocomien, sur la présence de la *Belemnitella quadrata*, du *Spondylus spinosus* et de la *Trigonia limbata*, réunis dans les mêmes couches avec une foule d'autres fossiles appartenant tous à la craie blanche, ou, dans le cas contraire, mal déterminés? Si l'on consulte la liste des fossiles cités par M. Dumont à l'appui de son opinion, cette liste cependant n'offrira pas autre chose que les fossiles que nous venons de signaler, au milieu desquels on trouvera des noms tellement inattendus que nous ne pouvons les attribuer qu'à des erreurs de typographie. Nous citerons à cet égard, par exemple, l'*Ammonites Buchii*, sur la présence de laquelle M. Dumont s'appuie pour constater l'existence du gault, tandis que ce fossile ne s'est rencontré jusqu'à présent qu'en Angleterre, dans le lias de l'Yorkshire (voyez la *Monographie des fossiles de l'Angleterre*, par M. Morris).

Non content d'avoir visité presque tous les points intéressants signalés par M. Fitton et par M. Dumont, nous avons voulu voir si les collections des géologues du pays ne viendraient pas nous offrir quelques fossiles capables d'ébranler notre opinion. Nous devons déclarer encore que, loin d'avoir été conduit à ce résultat, l'examen des collections intéressantes de MM. Bosquet, Benkorst, Müller et Debey n'ont fait que nous confirmer dans le rapprochement que nous avons fait des sables d'Aix avec la partie inférieure de la craie blanche de France et d'Angleterre, et que pas un seul de ces fossiles, excepté ceux dont les formes se répètent dans presque tous les étages crétacés, n'est venu jeter chez nous la moindre incertitude; de sorte que nous croyons pouvoir affirmer avec confiance que la craie chloritée, le gault et le néocomien ne se sont jamais déposés dans cette partie de la province de Liége,

qui devait être émergée évidemment à l'époque même où les dépôts crétacés inférieurs en question se sont formés.

L'envahissement de cette contrée par la mer porte d'ailleurs sa date précise, en nous offrant aujourd'hui la *Belemnitella quadrata* et le *Spondylus spinosus* au milieu des couches crétacées les plus anciennes de cette localité, couches reconnues comme telles par M. Dumont lui-même, puisqu'il les cite comme reposant toujours *sans intermédiaire* sur le terrain de transition.

Tel est, messieurs, le résumé des observations que nous avons faites, et que nous désirions vous communiquer relativement au terrain crétacé le plus ancien des environs d'Aix-la-Chapelle. Il vous sera facile de remarquer que notre opinion à leur égard diffère peu de celle exprimée par M. d'Archiac depuis longtemps, à cela près cependant qu'il déclare, mais avec doute toutefois, qu'on pourrait peut-être y constater la présence de la craie chloritée, tandis qu'en rapportant les couches crétacées les plus anciennes de cette contrée à l'horizon du *Micraster brevis*, du *Spondylus spinosus* et de la *Belemnitella quadrata*, nous plaçons les sables d'Aix dans un niveau beaucoup plus élevé correspondant à la craie des environs de Chartres et d'Octeville, horizon qui se présente immédiatement au dessous de la craie de Meudon.

Peu éloigné également des opinions émises par MM. Rœmer et Pomel, nous en différons cependant en ce que nous croyons devoir protester de toutes nos forces contre le peu de ressemblance qui existe, d'après M. Pomel, entre la craie de cette localité et celle de même époque en France et en Angleterre.

Il nous serait facile de vous donner à l'instant même nos preuves à l'appui de cette opinion, mais outre que le temps ne saurait nous le permettre, nous ne sommes pas encore suffisamment préparé pour vous exposer convenablement des faits nouveaux tout à fait en opposition avec les opinions généralement reçues ; aussi n'aborderons-nous cette question qu'avec toute la réserve qu'elle mérite et après y avoir mûrement réfléchi.

C'est donc avec des coupes locales exactes et des listes de fossiles bien déterminés que nous nous proposons d'aborder cette question, et de vous démontrer que, contrairement aux idées émises par M. Rœmer, il existe une identité parfaite entre les dépôts crétacés supérieurs de la province de Liége et ceux du département de la Manche et des environs de Paris, et que cette analogie n'est pas moins frappante avec certains dépôts du sud-ouest et du midi de la France, quoiqu'ils aient été considérés jus-

qu'ici par beaucoup de géologues comme appartenant à un tout autre horizon.

Nous tâcherons, en effet, de vous prouver que sur tous ces différents points, malgré leur éloignement, des assises parallèles présentent constamment les mêmes fossiles, et très souvent, en outre, les mêmes caractères minéralogiques; de sorte qu'on peut en conclure qu'au moment même où une oscillation du sol plongeait sous les eaux de la mer les points où se trouvent aujourd'hui la ville de Maëstricht et celle d'Aix-la-Chapelle, la même oscillation probablement se faisait sentir également près de Paris, dans la Manche et dans les environs d'Angoulême, où cette mer a formé des dépôts parallèles que l'on peut facilement constater aujourd'hui à Paris même, à Néhou et à Sainte-Colombe dans la Manche, à La Vallette, au Maine-Roi et à Aubeterre dans la Charente, enfin, sur une foule d'autres points, inutiles à citer, dans le midi de la France.

Il nous sera facile, en effet, de démontrer qu'à Aubeterre et à Maëstricht les couches supérieures de la craie offrent un parallélisme et une symétrie remarquables; que des marnes semblables par leurs caractères minéralogiques se trouvent intercalées dans ces deux localités entre des bancs d'*Ostrea vesicularis*, petite et grande variété, qui occupent exactement les mêmes places; qu'entre ces bancs on trouve à la même place l'*Hemipneustes radiatus*, le *Cyphosoma magnificum*, la *Salenia heliopora*, l'*Orbitolites media*, l'*Hemiaster prunella*, le *Pecten striato-costatus*, l'*Ostrea larva*, etc.; qu'enfin des rudistes de même espèce et en assez grand nombre viennent en outre couronner ce dépôt dans les deux localités.

Tel est, messieurs, l'exposé rapide auquel nous désirons nous borner aujourd'hui, ayant besoin, avant d'entrer dans d'autres détails, que M. Bayle vienne à notre aide pour nous faire connaître d'une manière positive si réellement les rudistes que nous avons recueillis à Fauquemont et à Maëstricht, dans la partie la plus élevée de la craie, sont bien les mêmes que ceux que nous avons trouvés à la partie supérieure de la craie des environs d'Angoulême.

Permettez-nous seulement, avant de terminer, de vous rappeler que, si nous avons été assez heureux pour vous convaincre l'année dernière que la craie à *Scaphites æqualis* de la Sarthe occupait, dans la série des dépôts crétacés, une tout autre place que celle qu'on lui assignait généralement, nous nous trouverons plus heureux encore, si nous parvenons à vous convaincre prochainement

que certains dépôts de la craie du Midi réclament également une rectification. Que M. Bayle vienne donc à notre aide le plus tôt possible, et qu'il nous fournisse les seuls documents qui nous manquent en ce moment, et nous nous empresserons aussitôt de vous démontrer que la craie offre à Maëstricht et à Fauquemont exactement les mêmes bancs d'*Ostrea vesicularis*, les mêmes dépôts d'échinodermes, enfin les mêmes rudistes que ceux que l'on rencontre dans la partie supérieure de la craie de La Vallette et d'Aubeterre dans le département de la Charente.

M. Bayle fait la communication suivante :

Sur les Rudistes découverts dans la craie de Maëstricht;
par M. Bayle (Pl. III). (p 221)

Les dépôts crétacés du nord de l'Europe n'ont jusqu'à ce jour fourni aux collections paléontologiques qu'un très petit nombre d'individus appartenant à quelques espèces du groupe des Rudistes; aussi les géologues accueilleront-ils avec plaisir la bonne nouvelle que notre infatigable confrère apporte à la Société, en lui annonçant la découverte qu'il vient de faire de plusieurs Rudistes dans la craie supérieure de Maëstricht et de Fauquemont.

M. Triger m'ayant confié les échantillons qu'il a rapportés de son voyage, et M. de Koninck, de son côté, ayant eu la générosité de m'offrir pour l'École des mines les Rudistes de la craie de Maëstricht qu'il possédait depuis longtemps dans sa propre collection, j'ai pu faire sur ces espèces quelques observations que je demanderai à la Société la permission de lui communiquer dès aujourd'hui.

Les espèces examinées sont au nombre de quatre ; étudions-les successivement :

1° *Hippurites radiosus*, Des Moulins.

Pl. III, fig. 6, 7, 8, 9, 10.

Cette espèce est déjà connue depuis longtemps à Maëstricht. Goldfuss l'a décrite et figurée dans son grand ouvrage (1) sous le nom d'*Hippurites Lapeirousii*. J'ai comparé avec la plus scrupuleuse attention plusieurs exemplaires de l'espèce de Goldfuss avec une

(1) Voyez Goldfuss, *Petrefacta Germaniæ*, p. 303, pl. 165, fig. 5 *a*, *b*, *c*, *e*, *f* (mais exclus. fig. 5 *d*) (1840).

série d'*H. radiosus* provenant de la craie supérieure du département de la Dordogne, et je n'ai pas tardé à me convaincre de l'identité spécifique de cette dernière Hippurite avec l'*H. Lapeirousii* de Maëstricht.

L'exemplaire recueilli par M. Triger, et qui a été dessiné avec la plus grande exactitude (Pl. III, fig. 6, 7), se compose d'une valve inférieure dont les lames externes seules ont été conservées. On voit en effet (fig. 6) que l'intérieur de la cavité ne montre ni les deux impressions musculaires ni les trois alvéoles de la charnière qui existent dans toutes les *Hippurites*. Le premier pilier (B) et le second pilier (C) seuls dessinent deux bourrelets arrondis dans cette valve ; on y remarque encore une légère crête (A) indiquant la position de l'arête cardinale. Dans quelques individus, cette crête est à peine visible, et l'on pourrait croire alors que la valve appartient à une Radiolite à piliers intérieurs, du groupe des *R. crateriformis* et *Jouanneti*, mais le moule intérieur, représenté par les figures 8 et 9, vient lever les derniers doutes, et prouver que cette coquille est bien une Hippurite et non une Radiolite à piliers internes. On voit en effet, dans ce moule, les deux gouges (C, B) longitudinales qui ont été produites par les deux piliers, et en outre trois protubérances (*f*, *g*, *h*, fig. 9) coniques, dont la forme et la position prouvent jusqu'à la dernière évidence que ce sont les moules des trois fossettes dentaires de la charnière d'une Hippurite. L'une d'entre elles représente le moule de l'alvéole (*f*) de la première dent cardinale ; les deux autres correspondent aux fossettes (*g* et *h*) de la seconde et de la troisième dent cardinale ; les deux dernières, très rapprochées l'une de l'autre, sont séparées de la première par un espace produit par la portion de la cloison alvéolaire qui s'appuie contre l'extrémité de l'arête cardinale. Goldfuss a fort bien représenté ce moule par les fig. 5 *e*, 5 *f* de sa planche 165.

La surface extérieure de la valve inférieure était ornée de côtes longitudinales arrondies, séparées par des sillons plus larges que les côtes. Les côtes, à leur point d'entrecroisement avec les lames d'accroissement, portent des épines plus ou moins développées. Le fragment dessiné (fig. 10) montre très bien ce genre d'ornement qui est un des caractères distinctifs de l'*H. radiosus*. Les côtes sont dépourvues d'épines dans l'exemplaire représenté par la figure 7, mais son test a été évidemment altéré ; on y distingue néanmoins la base des épines.

Jusqu'à présent je ne connais pas une valve supérieure de cette espèce provenant de Maëstricht.

Goldfuss a fait représenter, figure 5 *d* (Pl. 165), une valve supérieure qu'il attribue à son *H. Lapeirousii ;* il dit que cette valve est « plate, un peu concave, montrant des plis dorsaux conver- » gents, et décorée de lignes fines éloignées les unes des autres et » concentriques. »

Je suis convaincu que cette valve n'appartient pas à une Hippurite, mais à un petit individu d'une véritable Radiolite à *bandes externes*, dont l'existence à Maëstricht m'est démontrée par quelques fragments et un birostre que j'ai vus.

L'*Hippurites Lapeirousii*, Goldfuss, devra donc désormais porter le nom d'*H. radiosus*, Des Moulins.

2° *Sphærulites Hœninghausi*, Des Moulins.

M. Triger a recueilli à Maëstricht le moule intérieur d'une Sphérulite qui est incontestablement celui d'un *Sphærulites Hœninghausi* adulte. Ce moule n'est pas très bien conservé ; il se compose des deux cônes ayant une base commune, et dont la réunion constitue habituellement les birostres ; le bourrelet est entier dans la plus grande portion de ses côtés antérieur, postérieur et branchial, mais le côté cardinal, le plus fragile de tous, manque complétement. On sait en effet que cette portion du bourrelet des birostres est formée de quatre cônes criblés de canaux irréguliers représentant les moules des cavités postéro-dentaires, et que, dans le *S. Hœninghausi*, l'*appareil accessoire* (1) du birostre est si grand et si fragile qu'il est très difficile de l'obtenir entier.

Malgré cette imperfection, l'identité du moule découvert à Maëstricht par M. Triger avec celui du *S. Hœninghausi*, qui est si commun dans la craie supérieure de Royan, me paraît être incontestable.

3° *Sphærulites Faujasi*, Bayle.

Pl. III, fig. 1, 2.

Au nombre des Rudistes de Maëstricht donnés à l'École des mines par M. de Koninck se trouve le moule intérieur d'une Sphérulite que je crois être nouvelle.

Ce moule est très curieux ; il est formé par un calcaire jau-

(1) Le nom d'*appareil accessoire* a été employé par M. Des Moulins pour désigner la partie du bourrelet des birostres qui correspond au bord cardinal, et se compose de quatre cônes moulés dans les quatre cavités postéro-dentaires des valves.

nâtre, friable, contenant une grande quantité de débris de bryozoaires et de polypiers. On voit que le calcaire avait rempli la cavité de la coquille, lorsque déjà la valve supérieure avait été enlevée, mais avant la destruction des couches du dépôt vitreux.

Le cône (M) (fig. 1, 2) apprend que la cavité pour l'animal était grande dans cette espèce ; elle n'était pas cylindrique, mais aplatie du côté branchial et du côté cardinal. Une partie de l'impression (E) du muscle adducteur postérieur est conservée. On peut juger de la forme qu'elle présentait : elle était sensiblement rectangulaire, fort étendue d'avant en arrière, comme cela a lieu dans le *Sphærulites cylindraceus*. L'impression du muscle adducteur antérieur n'est pas visible, le moule étant brisé un peu au-dessous.

Les deux cônes saillants (*g* et *f*) ne sont pas les représentants des dents cardinales, mais des alvéoles de la valve inférieure dans lesquelles elles étaient reçues. Ces cônes donnent néanmoins une idée très exacte de la forme que les dents devaient présenter ; elles étaient très fortes et assez longues.

Quand un birostre est complet, c'est-à-dire lorsqu'il s'est formé dans une Sphérulite qui avait conservé ses deux valves en connexion, il présente à la place des deux cônes pleins (*g* et *f*) deux gaînes creuses, à parois très minces. On conçoit en effet que les parois de ces gaînes ont été produites par les sédiments qui se sont introduits entre la surface externe des dents cardinales et la surface interne de leurs fossettes, et que les gaînes elles-mêmes ne sont autre chose que les vides laissés par les deux dents cardinales.

On voit en outre que la paroi profonde des alvéoles dentaires, et par suite la face postérieure des dents cardinales, était creusée de cannelures longitudinales, profondes et fort régulières.

Mais une circonstance très importante à noter, c'est que la face postérieure des alvéoles dentaires est sur un même plan, et qu'elle formait alors une cloison droite, allant d'un bord à l'autre de la coquille, et laissant derrière elle les deux cavités postéro-dentaires (U).

Ces cavités étaient fort étroites d'avant en arrière, et le moule (U) de l'une d'elles, le seul qui soit bien conservé, montre qu'elles ne portaient pas de lames saillantes analogues à celles que l'on observe dans les *Sphærulites Hæninghausi*, *S. cylindraceus*, dont les cavités postéro-dentaires sont fort grandes, mais qui manquent chez les *Sphærulites alatus*, *S. triangularis*, dans lesquels les cavités postéro-dentaires sont proportionnellement beaucoup plus petites.

L'arête cardinale, dont la fente (A) nous indique la place, était

fort peu saillante dans la coquille, circonstance parfaitement en rapport avec l'étroitesse des cavités postéro-dentaires.

Le test de la valve supérieure et celui de la seconde nous sont encore inconnus; il est donc impossible de savoir si les lames étaient lisses ou costulées, si elles présentaient les deux sinus caractéristiques des *Sphærulites Toucasi*, *radiosus*, *ponsianus*, ou bien si elles étaient simplement flexueuses, comme cela a lieu dans les *Sphærulites Sæmanni*, *S. Hœninghausi;* mais le moule nous apprend cependant que dans la valve inférieure de cette Sphérulite la face postérieure de la cloison transversale qui porte les deux alvéolaires dentaires était remarquablement plane. Or, une disposition semblable de la cloison alvéolaire n'avait été observée jusqu'à présent que chez le *Sphærulites Toucasi*. Ce caractère particulier rapproche donc l'espèce de Maëstricht du *S. Toucasi*, mais cependant ces deux Sphérulites ne peuvent être confondues l'une avec l'autre; car dans le *S. Toucasi* l'arête cardinale est beaucoup plus proéminante dans l'intérieur de la coquille, et les cavités postéro-dentaires sont un peu plus larges d'avant en arrière que ne le sont les dents cardinales, tandis que c'est le contraire qui a lieu chez notre *S. Faujasi*. L'arête cardinale est en effet très petite, et la charnière est beaucoup moins centrale, ou pour mieux dire plus rapprochée du bord cardinal que dans le *S. Toucasi*.

Je crois donc ne pas avoir trop mérité le reproche d'être hardi, en disant que le moule intérieur, assez incomplet d'ailleurs, que j'ai fait représenter par les figures 1 et 2 (Pl. III), provient d'une espèce de Sphérulite différente de toutes celles qui ont été décrites jusqu'à ce jour par les naturalistes, et je crois aussi que je ne pouvais mieux faire, en donnant à cette espèce le nom spécifique de *Faujasi* qui rappelle celui du savant auteur de l'*Histoire naturelle de la montagne Saint-Pierre de Maëstricht*.

4° *Radiolites*.

Pl. III, fig. 3, 4, 5.

Voici encore un autre moule qui s'est formé dans les mêmes circonstances que celui du *Sphærulites Faujasi*, mais qui appartient incontestablement à une espèce du genre *Radiolites*.

Ce moule est fort incomplet; il est brisé un peu au-dessous de ses empreintes musculaires, mais il montre très distinctement les deux rainures (*f* et *g*) correspondant aux alvéoles des dents cardinales (F et G); en arrière de ces rainures se trouve la portion du moule qui reproduit en relief la cavité cardinale (S) que l'on

trouve chez toutes les Radiolites. Cette partie postérieure du moule présenterait une fente longitudinale plus ou moins profonde qui aurait été produite par l'arête cardinale, s'il avait appartenu à une Sphérulite. L'absence de cette fente seule suffit pour constater que ce moule ne peut provenir que d'une Radiolite.

La charnière des Radiolites étant beaucoup plus simple que celle des Sphérulites, et l'arête cardinale n'existant pas chez les premières, il en résulte que les moules intérieurs des Radiolites sont beaucoup plus semblables entre eux que ne le sont les moules des Sphérulites; aussi je n'oserai pas affirmer que ce moule ait appartenu à une espèce de Radiolites différentes de toutes celles qui sont connues jusqu'à ce jour; mais il est certain que cette espèce ne peut être ni le *Radiolites crateriformis* ni le *R. Jouanneti*, attendu que ces deux Radiolites présentent dans la cavité de leur valve inférieure deux piliers qui laissent toujours à leur place deux larges sillons très visibles sur les moules; or ces sillons manquent complétement dans notre moule de Maëstricht.

Pour déterminer cette Radiolite d'une manière certaine, il faut attendre que des découvertes ultérieures fassent retrouver la coquille elle-même de cette espèce. Néanmoins, je proposerai de lui donner provisoirement le nom de notre savant confrère M. Triger, et de l'appeler *Radiolites Trigeri*. Je désire vivement que dans un de ses prochains voyages à Maëstricht, M. Triger soit assez heureux pour rencontrer la coquille de cette espèce, qui plus que jamais alors méritera de conserver le nom que je tiens en réserve pour elle, si elle est nouvelle bien entendu.

Une seconde espèce de Radiolite, dont la valve supérieure a été attribuée par Goldfuss à son *Hippurites Lapeirousii*, se trouve encore à Maëstricht; j'en ai vu le birostre, mais quant à présent je ne puis rien dire de certain sur cette coquille.

La craie supérieure de Maëstricht contient donc au moins cinq espèces de Rudistes, savoir :

Hippurites radiosus, Des Moulins.
Sphærulites Hæninghausi, Des Moulins.
Sphærulites Faujasi, Bayle.
Radiolites Trigeri?, Bayle.
Radiolites (autre espèce).

Deux d'entre elles, l'*Hippurites radiosus* et le *Sphærulites Faujasi*, s'y rencontrent dans la partie la plus supérieure du terrain, et une autre, le *Sphærulites Hæninghausi*, y occupe un niveau un peu plus inférieur, et se trouve dans des couches où les *Ostrea larva*,

O. frons, *Pecten striato-costatus*, *Conoclypeus Leskei*, *Orbitolites media*, sont des espèces très communes.

L'*Hippurites radiosus* est extrêmement commun dans l'assise la plus élevée de la craie supérieure (1) des départements de la Dordogne et de la Charente, à Saint-Mametz, à Lamérac, au Maine-Roi ; il y est associé avec les :

Radiolites Bournoni, Des Moulins (sp.).
Radiolites ingens, Des Moulins (sp.).
Radiolites Jouanneti, Des Moulins (sp.).
Sphærulites Toucasi, d'Orb. (sp.).
Sphærulites cylindraceus, Des Moulins.
Hippurites Lamarckii, Bayle.

Et la réunion de ces espèces constitue le dernier horizon de Rudistes que l'on observe dans les dépôts crétacés.

Le *Sphærulites Hæninghausi* n'est pas moins abondant à Royan, à Sourzac, dans une assise de la craie supérieure, stratigraphiquement située au-dessous de celle qui contient l'*Hippurites radiosus*.

Cette assise renferme un autre horizon de Rudistes composé des :

Radiolites fissicostatus, d'Orb. (sp.).
Radiolites royanus, d'Orb.
Radiolites crateriformis, Des Moulins (sp.).
Radiolites acuticostatus, d'Orb.
Sphærulites Sæmanni, Bayle.
Sphærulites alatus, d'Orb. (sp.).

Et en outre un grand nombre d'autres espèces fossiles, parmi lesquelles les *Ostrea larva*, *O. frons*, *Pecten striato-costatus*, *Conoclypeus Leskei*, *Orbitolites media*, ne sont pas moins communes dans le sud-ouest qu'elles ne le sont à Maëstricht.

On est donc naturellement conduit à considérer les assises crétacées du sud-ouest et celles de Maëstricht, qui renferment les mêmes espèces de Rudistes associées avec d'autres fossiles identiques dans les deux contrées, comme ayant été déposées pendant la même époque, et à en conclure que la zone crétacée du sud-ouest présente, avec un développement remarquable, toute la série des assises qui composent le terrain crétacé des bassins de la Loire, de la Seine et de la Meuse, en commençant toutefois par la partie supérieure des sables du Maine qui reposent sur la craie glauconieuse à *Turrilites costatus*, *Ammonites rothomagensis* et *va-*

(1) Voyez Bayle, *Nouvelles observations sur quelques espèces de Rudistes* (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 1857, t. XIV, p. 647).

rians, *Scaphites æqualis*. La craie glauconieuse ainsi définie manque complétement dans le sud-ouest, tandis que les grès verts et argiles tégulines d'Angoulême sont les équivalents des marnes à Ostracées du bassin de la Loire ; les calcaires à *Radiolites lumbricalis* et à *Sphærulites radiosus* se sont déposés pendant que dans le bassin de la Loire se formait la *craie de Touraine* de Brongniart, c'est-à-dire la *craie micacée* de M. d'Archiac, et que dans celui de la Seine se déposait la *craie marneuse* de Brongniart. Toute la série des couches comprises entre le grès de Richemont ou la craie micacée de Périgueux, caractérisée par l'*Ostrea auricularis* et les calcaires jaunes de Saint-Mametz et les marnes blanches de Lamérac à *Hippurites radiosus*, représente à son tour les dépôts qui constituent la *craie blanche* du bassin de la Seine et la *craie de Maëstricht*.

Explication de la planche.

Fig. 1 et 2. — Moule intérieur de la valve inférieure du *Sphærulites Faujasi*, vu du côté cardinal (fig. 1) et du côté anal (fig. 2).

A. Sillon correspondant à l'arête cardinale.
U, U. Les deux moules des cavités postéro-dentaires ; l'un des deux est en partie brisé.
f. Moule de l'alvéole de la première dent cardinale.
g. Moule de l'alvéole de la seconde dent cardinale.
E. Empreinte du muscle adducteur postérieur.
M. Moule de la grande cavité, logeant le mollusque.

Ce moule, provenant de Maëstricht, a été donné à l'École des mines par M. de Koninck.

Fig. 3, 4, 5. — Moule intérieur de la valve inférieure du *Radiolites Trigeri*, brisé au-dessous des impressions musculaires.

f. Moule de l'alvéole de la première dent cardinale.
g. Moule de l'alvéole de la seconde dent cardinale.
S. Moule de la cavité cardinale, qui occupe dans les Radiolites la place des deux cavités postéro-dentaires (U, U) des Sphérulites.
M. Moule de la cavité pour l'animal.
La figure 4 montre les traces des cloisons irrégulières de dépôt nacré qui occupaient le fond de la valve.

Ce moule, provenant de Maëstricht, a été donné à l'École des mines par M. de Koninck.

Fig. 6, 7. — Valve inférieure de l'*Hippurites radiosus*, Des Moulins (*H. Lapeirousii*, Goldfuss).
A. Crête, à peine visible, correspondant à l'arête cardinale.

B. Premier pilier.
C. Second pilier.

Cet individu, provenant de Maëstricht, fait partie de la collection de M. Triger.

Fig. 8, 9. — Moule intérieur de l'*Hippurites radiosus*. Une portion du test existe encore (fig. 8). La partie correspondant à la valve supérieure est encroûtée par la gangue, et montre (fig. 9) un fragment de valve de Spondyle.

B. Rainure produite par le premier pilier.
C. Large sillon déterminé par le second pilier.
f. Moule de la fossette de la première dent cardinale.
g. Moule de l'alvéole de la seconde dent cardinale.
h. Moule de la fossette de la troisième dent cardinale.

Cet exemplaire vient de Maëstricht; il fait partie de la collection de l'École des mines.

Fig. 10. — Portion de la valve inférieure de l'*Hippurites radiosus*, montrant les épines des côtes. Il provient de Maëstricht.

M. Daubrée fait la communication suivante :

Note sur la découverte de traces de pattes de quadrupèdes dans le grès bigarré de Saint-Valbert, près Luxeuil (Haute-Saône); par M. Daubrée, doyen de la Faculté des sciences de Strasbourg.

« Certains animaux des périodes qui nous ont précédés n'ont laissé d'autres vestiges de leur existence que les empreintes produites par leurs pattes sur certains lits d'argile ou de sable qu'ils foulaient, lorsque ceux-ci étaient encore à l'état de mollesse.

» Les traces de quadrupèdes qui ont été rencontrées dans le grès bigarré, en Allemagne, près de Hildburghausen, et auxquels M. Kaup a donné le nom de *Cheirotherium*, ont à juste titre attiré l'attention, car leur étude touche à la plus ancienne apparition des mammifères qui ait été constatée jusqu'à présent dans la série des terrains stratifiés. Ces vestiges ont en effet été considérés par divers savants comme appartenant à des mammifères, et c'est l'opinion qu'a émise M. de Humboldt en rendant compte à l'Académie des sciences de cette découverte, le 17 août 1835. D'autres observateurs, en tête desquels il faut citer M. Owen, ont pensé que ces animaux n'étaient autres que des batraciens gigantesques.

» En examinant une carrière où l'on exploite le grès bigarre, j'ai eu le bonheur de rencontrer des empreintes de cette espèce problématique dans une nouvelle localité, à Saint-Valbert, entre Plombières et Luxeuil, dans le département de la Haute-Saône. Au-dessous des gros bancs rouges que l'on exploite pour la construction, des couches minces de grès également rouge et maculé de vert pâle alternent avec des argiles de même coloration. C'est dans ces dernières couches que j'ai observé des empreintes, à la limite même de l'argile et du grès. De même qu'à Hildburghausen, la patte a fait d'abord impression dans l'argile, et le relief que la couche de grès présente sur la face inférieure n'est que la contre-épreuve des empreintes directes. Par leur forme, comme par leur disposition, les empreintes de pas qui viennent d'être découvertes dans le sol de la France ressemblent tout à fait à celles de la Saxe et appartiennent à la même espèce d'animal. Aussi est-il superflu d'en reproduire ici les caractères, qui sont bien connus.

» A côté des grandes pattes, il se trouve d'ailleurs une multitude innombrable de petites pattes, orientées dans diverses directions, n'offrant que quatre doigts, et rappelant un peu celles des Batraciens.

» Une circonstance nouvelle rehausse l'intérêt des vestiges de Cheirothérium de Saint-Valbert. Le limon sur lequel marchait l'animal était assez plastique, non-seulement pour prendre et conserver la forme exacte des pattes avec leurs ongles, mais aussi pour saisir les inégalités de la peau avec autant de délicatesse qu'aurait pu le faire un mouleur habile; ces dernières particularités se trouvent même reproduites dans la contre-empreinte. Chaque patte antérieure et postérieure offre dans toutes ses parties, sur la plante comme sur les doigts, une granulation qui est incontestablement d'origine organique et que les figures que je mets sous les yeux de la Société reproduisent avec beaucoup de vérité (1). En dehors des empreintes de pattes, la surface de la dalle ne présente rien de semblable. Cette granulation est très régulière, sauf sur quelques rebords obliques où le glissement du pied de l'animal a produit un léger étirement; ce sont de petites aspérités arrondies, dont les plus fortes n'atteignent pas le diamètre d'un millimètre.

---

(1) Les photographies qui en ont été faites ne représentent pas aussi justement le caractère de la granulation dans toute l'étendue de chaque patte, à cause des limites du champ de l'instrument.

» Une connaissance si exacte des inégalités du tégument du Cheirothérium fournit un document utile sur la classe des vertébrés à laquelle l'animal doit être rapporté. La partie inférieure des pattes de reptiles présente généralement, soit des écailles plus ou moins irrégulières et de dimension décroissante jusqu'à l'extrémité du membre, soit une peau lisse avec des plis ou de rares verrues dispersées suivant certaines lignes. Chez aucun animal contemporain du groupe des batraciens ou de celui des chéloniens, la patte ne paraît présenter des inégalités comparativement aussi petites et aussi uniformément disposées que les empreintes de Saint-Valbert. Au contraire, les aspérités dont il s'agit rappellent tout à fait les papilles de la plante du pied de certains mammifères, tels que le chien. Pour rendre la comparaison plus facile, j'ai fait mouler, avec les matériaux mêmes du grès bigarré, les pattes de divers quadrupèdes, ours, kangourou, sarigue, crocodile, lézard, etc. On remarque que les poils ne laissent aucun vestige sur les empreintes de pattes de beaucoup de mammifères, non plus que sur les empreintes fossiles qui nous occupent. Ainsi la granulation, en forme de papilles, de la peau du Cheirothérium, vient à l'appui des zoologistes qui l'ont considéré comme un mammifère. Or, cette dernière conclusion a de l'importance, en ce qu'elle amène à admettre que les mammifères existaient à la surface du globe lors du dépôt des plus anciennes couches de la période du trias.

» Il n'y a pas lieu de s'étonner de ne pas trouver dans les mêmes couches les ossements de ces grands animaux. Les réactions qui ont produit les teintes rouges, si ordinaires dans le terrain du grès bigarré des deux hémisphères, paraissent avoir eu pour résultat de dissoudre ou de décomposer le carbonate de chaux qui pouvait s'y trouver. C'est ainsi que dans les rares localités des contrées rhénanes, où le terrain renferme des indices de mollusques, les tests ont en général disparu ; il n'en reste que des moules. Si l'on trouve quelques débris d'ossements comme à Soultz-les-Bains, c'est tout à fait accidentellement et dans certaines couches qui ne sont pas colorées en rouge vif. Ainsi, lors même que les os du Cheirothérium auraient été enfouis dans les couches qui renferment les empreintes de ses pattes, ce qui pour les habitants de la terre ferme exige le concours de circonstances assez rares, ces os auraient probablement été dissous tout aussi bien que ceux des grands oiseaux qui ont laissé de si nombreuses empreintes de leurs pattes dans le grès bigarré de l'Amérique du

Nord. L'indice qui au premier abord paraît être le plus fugitif est précisément le seul qui nous éclaire jusqu'à présent sur ces antiques animaux terrestres. »

Le Secrétaire donne lecture de la lettre suivante, adressée à la Société par M. Gruner, ingénieur en chef de mines, à Saint-Étienne.

Sur les filons du plateau central de la France.

Monsieur le Président,

En vous priant d'accepter pour les archives de la Société géologique un exemplaire de mon *Mémoire sur les filons du plateau central de la France*, lu à la Société impériale d'histoire naturelle de Lyon dans sa séance du 23 novembre 1855, je vous demande la permission de faire connaître en quelques mots le but et les conclusions de ce travail.

Il se compose de deux parties, ou plutôt de deux mémoires complétement distincts : dans le premier, je cherche à classer les principaux filons du plateau central, en indiquant les roches éruptives et les systèmes de soulèvement auxquels ils semblent se rattacher; le second est une simple description des anciennes mines de plomb du Forez.

Ce sont les résultats les plus saillants de la première de ces études que je désire communiquer à la Société géologique. On a signalé depuis longtemps les étroits liens qui unissent certains filons ou minéraux spéciaux aux roches éruptives. M. de Humboldt a parlé de la *pénombre minérale* qui accompagne partout les grandes zones granitiques, et de Buch de l'*auréole* de filons qui entoure les mélaphyres des Alpes. D'autres géologues, MM. Fournet, Burat, F. Mayer, etc., ont montré que plusieurs gîtes métallifères dépendent de la même manière des porphyres, des trapps, des serpentines, etc.

M'occupant, depuis plusieurs années, de l'étude des filons et des roches éruptives, j'ai désiré préciser à mon tour, au moins pour la France, les rapports qui lient entre elles ces deux classes de masses minérales, d'ailleurs si distinctes quant à leur nature intime.

Je crois avoir prouvé que chaque roche éruptive, traversant les

dépôts sédimentaires sous forme de *dykes* plus ou moins massifs et continus, est accompagnée d'une *auréole* spéciale de filons, à structure *concrétionnée* (métallifères ou stériles), qui pourtant en général sont moins un produit immédiat des roches ignées mêmes qu'un dépôt lent et prolongé, provenant, les uns d'émanations gazeuses, les autres, et le plus grand nombre, de puissantes sources minérales et thermales, dont la première origine doit être attribuée à l'apparition des masses éruptives ou aux soulèvements qui les accompagnaient.

Ces filons *concrétionnés* sont d'ailleurs *simples* ou *complexes*, c'est-à-dire que l'ouverture de la fente (graduée ou brusque), ainsi que son remplissage lent, se sont opérés, tantôt sous l'influence d'une *seule* roche ignée et pendant une *seule* période géologique, tantôt au contraire sous l'action *multiple* de diverses roches éruptives et pendant deux ou plusieurs périodes géologiques distinctes.

En un mot, les filons concrétionnés doivent pouvoir se classer, quant à leur âge, comme les autres formations géologiques, et l'on arrivera sans doute un jour à montrer la correspondance exacte de la plupart des filons et de leur remplissage concrétionné avec les roches éruptives proprement dites d'une part, et avec certaines masses subordonnées spéciales, des dépôts sédimentaires ordinaires de l'autre.

En attendant qu'un semblable travail puisse tenter d'une manière générale, j'ai essayé de classer les principaux filons connus en France et surtout ceux du plateau central, en me bornant aux périodes qui précèdent le Jura moyen.

J'ai pu distinguer sept formations différentes que je vais énumérer par ordre de date, en suivant à peu près le résumé qui termine le premier mémoire.

1° Le plus ancien type se compose de nombreux amas et rognons quartzeux, développés sous l'influence du *granite ordinaire*, et cela exclusivement dans les terrains anté-siluriens, tels que le micaschiste. L'éruption du granite, et par suite la première origine des rognons quartzeux, remontent au système de soulèvement du Longmynd.

2° Le deuxième type est lié aux *pegmatites :* ce sont des filons ou veines de quartz, avec tourmaline chargée parfois d'antimoine sulfuré, et plus souvent de wolfram, d'étain ou de ses congénères. L'âge de ce type est un peu incertain ; mais, dans tous les cas, les pegmatites ont fait éruption après la sortie des granites ordinaires

(système du Longmynd) et avant le dépôt du calcaire carbonifère.

3° Le troisième type se compose, dans le Forez, de veinules quartzeuses minces, et d'une sorte d'imprégnation siliceuse se rattachant à l'apparition du *porphyre granitoïde*. Les principaux filons quartzo-plombeux du Harz, orientés sur h. mg. 8, et les filons parallèles et analogues de Vialas et Villefort semblent appartenir à la même époque, ou du moins leur première ébauche paraît remonter au système des *ballons* qui est précisément contemporain de l'apparition du porphyre granitoïde. Enfin, dans les Vosges, les filons métallifères les plus anciens, surtout ceux qui courent de l'E. à l'O., pourraient bien aussi devoir leur origine première au même soulèvement. Je parle ici d'*ébauche* et d'origine *première*, parce que plusieurs des filons du Harz, de Vialas et des Vosges sont en réalité de nature *complexe*, et ont dû recevoir, à une époque postérieure, une partie de leur remplissage.

4° Les éruptions du *porphyre quartzifère* et les mouvements du sol qui entr'ouvrirent vers la même époque les vallées houillères de la Loire et de Saône-et-Loire, ont engendré de nombreux filons et amas calcédonieux, en partie au centre même des terrains carbonifères ; c'est le quatrième type. Il n'est point métallifère dans le Forez ; mais plusieurs des filons plombeux de Pontgibaud, de la Bretagne et des Vosges doivent très probablement leur quartz calcédoine aux émanations siliceuses de l'époque en question.

5° Le cinquième type de filons a été formé sous l'influence des *eurites* et *argilophyres quartzifères* qui parurent vers la fin de la période houillère ou à l'origine de celle du système permien. Les dykes euritiques et les filons de cette classe sont nombreux dans les départements de la Creuse et de l'Aveyron, dans la Bretagne, etc. Les filons sont essentiellement quartzeux et courent généralement du nord au sud. Ils renferment sur divers points de la galène riche en argent.

6° La fin de la période permienne et l'origine de celle du trias sont marquées par le système du Rhin et l'apparition des *porphyres noirs* de la Sarre, de la Nahe, des Vosges et du centre de la France. Ces porphyres ont surtout engendré les filons ferrugineux S.-S.-O. — N.-N.-E. des Vosges et de la Sarre, et les hématites brunes en rognons, amas et couches, du grès vosgien et de la base du grès bigarré. On retrouve les mêmes filons quartzo-ferrugineux avec des épanchements correspondants, pendant la période du trias, aux environs d'Alais, et en général dans le dé-

partement du Gard. (Je dois ce renseignement à M. Parran, ingénieur des mines de l'arrondissement d'Alais.)

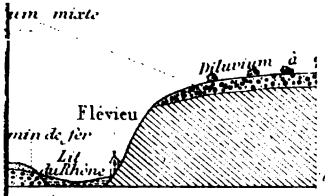
7° Enfin, le dernier type, dont je me suis d'ailleurs plus spécialement occupé, comprend les filons nombreux quartzo-barytiques et plombo-barytiques, généralement orientés en Allemagne et en Italie (filons de Bottino), aussi bien qu'en France, du N.-O. au S.-E.

Le système du Morvan, qui sépare le trias du lias, ouvre des fentes et engendre des failles N.-O. — S.-E. Les *serpentines* des Vosges et du centre de la France surgissent vers la même époque, et, autant qu'il est possible d'en juger, suivant le même alignement. Dès ce moment commence aussi le remplissage des fentes, et, sauf des variations plus ou moins grandes dans la nature et l'abondance des substances filonniennes, ce comblement se poursuit durant tout le cours de la période du lias, et même encore pendant la première partie de l'époque oolithique.

Si les matières filonniennes des précédents types se rencontrent parfois sous forme d'amas, rognons ou veinules, en dehors des filons mêmes, dans les terrains sédimentaires contemporains, ce phénomène se manifeste surtout d'une manière très frappante et sur une large échelle autour des filons de ce dernier type. Partout où le lias repose directement sur des terrains plus ou moins sillonnés de filons quartzo-barytiques, on le rencontre imprégné de substances étrangères. Alors, à la place du lias normal, apparaissent des dépôts métallifères d'un aspect tout à fait spécial, des *arkoses* siliceuses, plombo-barytiques ou ferrugineuses, dépôts qui varient de composition suivant les lieux et le niveau géologique auxquels ils appartiennent. Ainsi la barytine caractérise surtout les assises les plus élevées des arkoses liasiques et l'oolithe inférieure, et le peroxyde de fer plutôt la base du lias, au moins à Thoste et à Beauregard, dans le Morvan, et à Chaillac, dans l'Indre ; enfin la galène et surtout la silice se montrent plus ou moins à tous les niveaux, tandis que le manganèse du Nontronais, comme ailleurs la barytine, abonde spécialement dans les argiles à jaspes de l'oolithe inférieure. C'est aussi aux émanations filonniennes de la même époque qu'il faut sans doute attribuer le minerai oolithique de Villebois et de la Verpillière dans le lias supérieur, et l'oolithe ferrugineuse de Wasseralfingen dans l'oolithe inférieure.

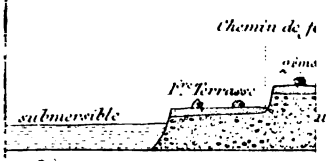
Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Abich :

vallée du Rhône au N. de Givo[...]



= 10)

e basse du Rhône au S. de Givo[...]



um du Sundgau

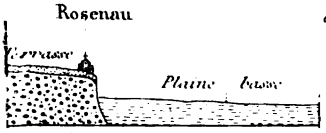
= 3)

et

ale de la vallée du Rhin la Bresse

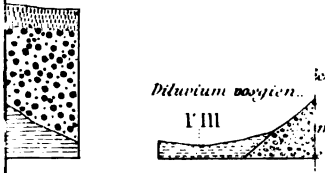
senau et Bartenheim.

Rosenau dauphinois



= 18)

Fig. 5 Cou[...]
de l'Ill

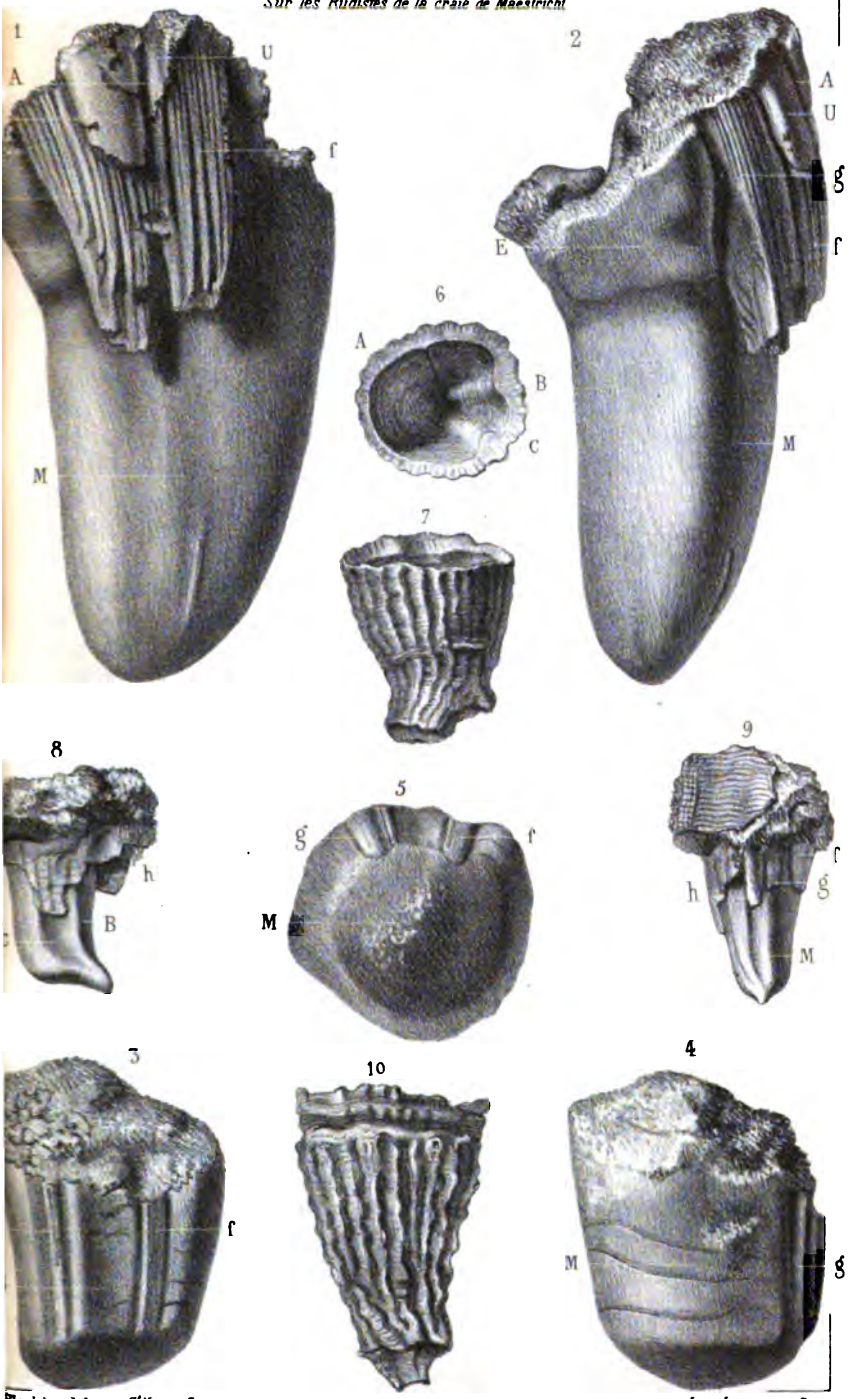


cédés de la lettre R,
des échelles, c'est à
multiplier les longueurs,
le dessin fût géométrique.

Kaeppelin, 17 Quai Voltaire.

Note de M. Bayle

Sur les Rudistes de la craie de Maëstricht



Hy del et lith. rue St Victor 3

Imp. Lemercier, Paris

Sur la carte géologique de l'Europe par Dumont en tant qu'elle regarde le Caucase; par M. Abich.

Tout en appréciant à sa haute valeur scientifique et artistique la carte géologique de l'Europe de Dumont, je crois que c'est un devoir de diriger l'attention des géologues sur quelques traits principaux dans la géognosie des pays caucasiens exposés sur cette carte, parce qu'ils se trouvent en désaccord complet avec les résultats de toutes les recherches publiées jusqu'à présent sur la géologie de ces pays. Or, toutes les représentations du Caucase se sont jusqu'à présent basées en première ligne sur les observations précieuses de Dubois de Montpéreux. La nouvelle carte de Dumont, qui s'écarte entièrement de ces bases, manque de toutes données sur les sources d'où l'auteur a tiré les motifs des changements qu'il a jugés nécessaires dans ce travail. Tous mes efforts à rechercher ces sources ont été infructueux.

En consultant mes propres observations, soigneuses et comparatives à la fois, faites dans le pays en question, je ne peux pas m'empêcher d'envisager tous ces changements introduits par Dumont comme autant d'erreurs. Indiquer et spécialiser des erreurs, c'est empêcher une confusion qui menace, dans les circonstances actuelles, le développement de la connaissance géologique précise des pays en question.

L'espace occupé entre le 38e et le 47e degrés de longitude par la chaîne caucasienne est colorié en violet R. Cette couleur qui signifie, d'après la légende de la carte de Dumont, le terrain dévonien inférieur, doit être entièrement supprimée. Dans la majeure partie de la moitié occidentale de la chaîne, cette couleur violette doit être remplacée par une grande formation de roches ignées ou granitiques qui s'associent à de larges bandes de schistes cristallins ou métamorphiques.

C'est au milieu de cette bande de roches cristallines (primitives) (couleurs C et G de Dumont) que les trois systèmes d'éruptions puissants, le Kazbegk, l'Ebourouz et le Beltlarnioh, le dernier dans le canton du Karatchai det Tohegem, ont frayé leur chemin à travers les granites, les schistes et les calcaires jurassiques et crayeux. La zone cristalline en question est bordée d'une formation de schistes argileux plus ou moins riches en chaux carbonatée qui doivent remplacer le terrain dévonien R de Dumont sur toute la moitié orientale de la chaîne coloriée en violet. C'est sur le versant septentrional de la chaîne que des calcaires jurassiques et

crayeux, d'une puissance considérable, recouvrent en stratification concordante cette formation schisteuse, dont les couches les plus anciennes possèdent tout au plus l'âge du lias L de Dumont. Un ensemble de couches tertiaires puissantes y repose à son tour, immédiatement sur le terrain crayeux supérieur. Les formations paléozoïques ne sont donc indiquées nulle part dans la chaîne du Caucase proprement dite, ni par des restes organiques, ni par les caractères stratigraphiques du terrain métamorphique; il faut cependant considérer que le caractère de ces dernières roches, étant commun à des roches d'âges très différents, pourrait ici masquer peut-être la véritable nature d'une formation paléozoïque.

Toutefois, il est démontré que ce terrain ancien fait partie essentielle du terrain fondamental des hauts pays, il forme les plateaux de l'Arménie et de l'Azerbeidjan. Le terrain paléozoïque, en partant du pied de l'Ararat, occupe une partie très vaste de la plaine de l'Araxe, et forme une partie essentielle des montagnes qui bordent cette plaine. Ce terrain se compose de couches puissantes de calcaires carbonifères à *Fusulina sphærica*, nov. spec., à *Lithostrotion floriforme* et *inconfertum*, et de calcaires de grès et de schistes dévoniens qui forment presque partout, sur les lieux en question, un ensemble géognostique en stratification concordante. A l'orient de l'Ararat, on rencontre les calcaires carbonifères et dévoniens jusqu'au milieu des montagnes du Daralaguèze, au milieu du lac Gortchâi. Le terrain en question, tourmenté par des roches éruptives, y est mis à nu dans la vallée de l'Arpatchai. Au midi de l'Ararat, j'ai observé le développement puissant des roches paléozoïques pétries de fossiles (1) dans les montagnes de Merbou et dans l'écluse de l'Araxe, entre Nakitchevan et Djoulfi.

En poursuivant les mêmes roches au delà de l'Araxe, je les ai retrouvées en Perse couvertes de calcaires a rudistes et à Actéonelles. En Arménie, elles étaient, dans la majorité des cas, subordonnées aux calcaires nummulitiques. Les observations de MM. Hommaire de Hell et Czarnotte démontrent l'existence du terrain carbonifère et dévonien à la base du Schänd, près de Tebrize, et aux alentours du Demavend même, près de Téhéran. Kennet Loftus a poursuivi la continuation de roches semblables jusqu'au centre des montagnes de Zagros, et MM. Hamilton et Pierre de Tchihatchef ont reconnu l'existence de la même forma-

(1) Dont beaucoup sont identiques avec ceux du terrain dévonien du Rhin et de l'Eifel.

tion en beaucoup d'endroits en Asie Mineure. Il résulte de ces données qu'il faut faire un emploi très étendu des couleurs indiquées par les lettres H et R de Dumont sur les espaces de la haute Arménie, coloriés par l'auteur beaucoup trop uniformément en rouge V et π. Quant à la distribution relative des terrains en question, je renvoie à l'expression graphique plus précise d'une carte géognostique du pays que j'espère publier dans peu de temps.

La couleur vert foncé C, adoptée dans la carte de Dumont pour le terrain éocène et nummulitique à la fois, doit également subir un déplacement notable. L'absence des Nummulites dans les couches tertiaires, sur le versant nord du Caucase, est un fait inattendu qui résulte de mes recherches; je ne pus, malgré tous mes soins, découvrir, au nord de la chaîne, aucune trace de ces foraminifères. Or, Dumont, en faisant emploi de la couleur C le long de la mer Caspienne, au sud de l'embouchure du Terck, comme à l'Oust-Ourt, au nord de cette mer, commet une erreur, car je n'y ai jamais rencontré de terrain éocène caractérisé par des Nummulites; ce sont au contraire les couleurs jaunes *m* et *p*, indiquant le miocène et le pliocène, dans la légende de Dumont, qui doivent remplacer le vert foncé sur l'espace en question. Toutefois, le terrain nummulitique déploie ses couches les mieux caractérisées sur le versant méridional du Caucase, en Iméritie et en Ossétie.

Cependant la distribution relative de ce terrain, telle que je l'ai observée au midi de la chaîne, est bien différente de celle qui a été adoptée sur la carte de Dumont. En tout cas, la couleur verte *e* est à supprimer entièrement dans la région moyenne des grandes vallées longitudinales du Kour et de l'Alassan, comme dans celle de la plaine de Colchide. Ce sont également les terrains *m*, *p* et *q* qui doivent partiellement remplacer dans ces dernières régions le terrain *e* qui ne s'intercale qu'en lambeaux ou qu'en bandes étroites entre la couleur Cr qui indique la craie blanche, et les couleurs des couches récentes *m* et *p*.

Le terrain nummulitique, signalé en Arménie par Dubois de Montpéreux, a été entièrement négligé dans la carte de Dumont; néanmoins, il doit occuper des parties notables de l'espace qui est colorié en rouge V et π entre l'Araxe et le Kour.

L'un des faits qui se trouve sur la carte de Dumont dans la plus forte opposition avec les renseignements géognostiques sur les pays caucasiens, acquis et constatés depuis longtemps par Dubois, est l'absence absolue du terrain miocène *m* sur cette partie de l'isthme

compris entre la mer Noire et la mer Caspienne qui se trouve au sud du Caucase. Néanmoins, c'est positivement le terrain miocène, qui, en zone presque non interrompue, de très différente largeur, doit entourer le Caucase entier, y bordant tantôt le terrain jurassique ou crayeux, tantôt le terrain nummulitique. Ce n'est que depuis peu que je suis arrivé à la conviction que la formation puissante de grès et de marnes rouges qui prend un si vaste développement dans toute l'étendue du haut pays de l'Arménie et de l'Azerbeidjan, bien au delà du lac d'Ourmia, appartient à une époque tertiaire beaucoup plus récente que celle du terrain nummulitique. Ce terrain rouge, important par le sel gemme qu'il renferme, paraît avoir ordinairement pour base un calcaire riche en zoophytes qui affecte la nature du marbre, et renferme plusieurs fossiles identiques avec ceux du calcaire moellon de la France. A juger d'après les fossiles, l'horizon de ce calcaire (1) se prolonge également dans la Corse, la Sardaigne (2), la Grèce, l'Asie Mineure; il va au delà de l'Ararat et s'étend jusqu'aux chaînes de Zagros. D'après la nature stratigraphique et la distribution orographique de ces calcaires, riches en zoophytes, foraminifères et bryozoaires, on serait porté à voir, dans les parois abruptes de ces roches qui arrivent souvent à des hauteurs alpines, les bords escarpés d'une mer ancienne très profonde.

Les couches supérieures du grès et des marnes bigarrées, superposées à ce calcaire (moellon) corallien, renferment des fossiles qui portent le caractère subapennin ; elles passent insensiblement aux argiles bleuâtres avec gypse et sel gemme. Au pied de l'Ararat affleure un ensemble de conglomérats porphyriques, de grès et de tufs marneux, dont la composition se rapproche beaucoup de celle du tuf du Pausilippe. Ces tufs renferment des empreintes de feuilles dicotylédones et de graminées qui paraissent indiquer l'horizon des couches d'Oeningen. Il résulte de tout ce qui précède qu'il est nécessaire d'introduire les couleurs *m* et *p* sur le terrain colorié en rouge V et π, entre l'Araxe et le Kour, qui doit être remplacé, comme je l'ai prouvé auparavant, en beaucoup d'endroits, par la couleur verte *e* du terrain nummulitique.

Au-dessus des terrains tertiaires se trouvent des couches marneuses et argilo-calcaires, pétries de Congéries à valves fortement

(1) Qui recouvre le calcaire nummulitique en stratification concordante avec celui-ci.

(2) *Description des fossiles (recueillis par La Marmora) de la Sardaigne*, par Meneghini.

courbées, et très minces par rapport à leur taille considérable. Quoique ces coquilles ressemblent beaucoup à la *Congeria polymorpha*, elles s'en distinguent pourtant spécifiquement; parfois ces Congéries sont associées aux Paludines et aux Mélanies. Ces couches diluviennes (ou pliocènes supérieures?) alternent avec les dépôts de tufs volcaniques et de conglomérats, et fréquemment les laves périodiques des grands systèmes volcaniques éteints se sont épanchées au-dessus d'elles.

Si nous considérons que toute cette série de formations tertiaires post-nummulitiques, dont nous venons de parler, occupe une position très remarquable sur les hauts pays de l'Araxe (de l'Ararat), comme sur la haute plaine d'Erzeroum, on ne peut méconnaître que le continent de l'Asie Mineure entier doit avoir subi, une époque tertiaire bien récente, un soulèvement lent, dont les effets n'ont pas agi peut-être dans toutes les directions avec la même intensité. Ce soulèvement paraît avoir atteint son maximum d'à peu près 4000 à 5000 pieds à la fin de l'époque tertiaire, c'est-à-dire au commencement de notre période actuelle, période dans laquelle j'incline à placer l'activité la plus intense des éruptions volcaniques qui ont ravagé la haute Arménie, et créé au centre de la chaîne du Caucase cette réunion remarquable d'arêtes tranchantes et aiguës, et de cônes d'éruptions arrondis et majestueux.

C'est à cette même époque que je voudrais placer les grands changements qui se sont opérés dans le relief du sol par suite d'affaissements partiels. Ces affaissements paraissent avoir affecté le pays tout autour des grandes masses continentales soulevées. C'est à leur influence que j'attribue la formation des grands creux ou méplats occupés aujourd'hui par la mer Noire, la mer de Marmara et la moitié inférieure de la mer Caspienne. C'est cet ordre de phénomènes seul qui peut d'une manière satisfaisante rendre compte de l'*isolement remarquable* de ces formations puissantes d'*eaux douces ou saumâtres* qui couvrent actuellement une grande partie des bords septentrionaux et occidentaux de la mer Noire, et dans lesquelles, d'après les observations récentes de M. Spratz, la mer de Marmara est encadrée.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Ébray :

Sur l'existence du genre Cottaldia *dans l'étage bathonien*, par M. Ébray.

Les oursins à tubercules uniformes, ni perforés ni crénelés, à

pores disposés par simples paires, ont été l'objet de diverses classifications dont il est utile de dire quelques mots.

Le genre *Arbacia*, comme l'a fait remarquer d'abord M. Cotteau, est une création de M. Gray pour des espèces vivantes, classées antérieurement par M. Des Moulins sous le nom d'*Echinocidaris*.

M. Desor a donc supprimé le nom d'*Arbacia*, et les espèces à pores simples, qui se séparent si nettement des *Stromechinus*, ont été réparties entre les genres principaux suivants :

1° *Cottaldia*, Desor, caractérisé par des pores simples, des tubercules uniformes ne se dédoublant pas à la base, par une petite bouche.

2° *Magnosia*, Mich.

Ce genre diffère du précédent par l'ouverture buccale plus grande et par des pores qui se dédoublent vers la bouche.

J'ai trouvé dans les couches supérieures du bathonien un oursin ayant pour caractères des pores disposés par simples paires, une bouche petite, les ambulacres des plus étroits avec un aspect pétaloïde.

Lorsque l'on voit des genres différer par la grandeur de la bouche (1) et par le dédoublement des pores vers la région buccale, on se demande s'il est possible de faire rentrer l'espèce du bathonien dans le genre *Cottaldia* ou dans le genre *Magnosia*.

Je serais tenté de créer un genre nouveau, et quoique j'admette pour le moment, avec la plus grande confiance, le principe de division préconisé par M. Desor et autres paléontologues, je suis assez inquiet sur les résultats auxquels conduira ce système. Dans l'enchaînement général des êtres, chacun se lie au précédent par une similitude, et, comme dans une série les termes se ressemblent d'autant plus qu'ils se rapprochent davantage les uns des autres, les genres se ressemblent de plus en plus à mesure que l'on en créera ; les grandes coupes disparaîtront, et le genre se rapprochera de l'espèce.

C'est pour ce motif que je considère la nouvelle espèce comme faisant partie du genre *Cottaldia*, Desor; d'autant plus qu'il est presque toujours imprudent de créer des genres nouveaux sur une série limitée d'individus.

Ma communication a pour but de montrer que ce genre, spécial jusqu'à ce jour aux terrains crétacés ou tertiaires, descend

---

(1) *Synopsis des Échinides fossiles* (Desor), genre *Magnosia*.

jusque dans le bathonien. L'espèce que j'ai trouvée à Nevers peut se définir ainsi qu'il suit :

Cottaldia nivernensis, Ébray.

Hauteur, 0,012; diamètre, 0,016.

Oursin de petite taille, de forme renflée, aplatie en dessous, sensiblement pentagonale.

Les aires ambulacraires et interambulacraires sont garnies de petits tubercules, plus petits vers le sommet que vers la bouche. Ces tubercules sont disposés très régulièrement, ne sont ni crénelés ni perforés ; il s'en trouve environ 40 rangées disposées en quinconces sur les aires interambulacraires vers l'ambitus, et 4 seulement sur les aires ambulacraires qui n'ont que le huitième de la largeur des aires interambulacraires à l'ambitus. Sur le milieu de cette dernière surface, il se trouve une dépression étroite en forme de rainure, dégarnie de tubercules, ce qui paraît diviser le fossile en 15 aires distinctes. Pores disposés par simples paires : anus opposé à la bouche qui est centrale ; plaques génitales et ocellaires, disposées en anneau étroit autour de l'anus ; aires interambulacraires renflées vers la bouche, et aires ambulacraires plus larges vers l'ambitus que vers le bord marginal, ce qui donne à ces aires une forme en apparence pétaloïde.

Rapports et différences. — Cette espèce se distingue des autres par ses ambulacres très étroits, de forme pétaloïde, et par ses nombreux tubercules.

Localité. — Couches supérieures du bathonien des environs de Nevers.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Marcel de Serres :

Note sur la caverne de Pontil près Saint-Pons (Hérault), où l'on a découvert des ossements humains, des objets de l'industrie, ainsi que des restes de Rhinocéros et d'autres espèces perdues; par M. Marcel de Serres.

M. de Rouville a mis, le 15 juillet dernier, sous les yeux de l'Académie des sciences de Montpellier, divers objets de l'industrie gallo-romaine, trouvés dans la même caverne où l'on avait rencontré des ossements de Rhinocéros, et autres espèces perdues ou analogues aux races actuelles.

Ces objets consistaient en une hache en jade (1); un anneau en argent sans soudure, grand comme un bracelet, et ayant probablement servi au même usage; enfin une pointe de lance en bronze. Depuis lors, M. Royer, conducteur des ponts et chaussées à Saint-Pons, y a découvert des débris de poteries grossières, des traces d'un foyer de charbon et des cendres, enfin un fragment de crâne humain. On s'était servi, pour construire ce foyer, des schistes talqueux qui composent les montagnes environnantes.

Quant à la caverne ossifère elle-même, elle est ouverte, comme la plupart de ces cavités, non dans les schistes, mais dans les calcaires de transition dont sont composés les environs de Saint-Pons, parmi lesquels existent d'assez beaux marbres, dont cette ville est en partie bâtie.

Les objets de l'industrie ont été rencontrés auprès de l'ouverture de la grotte; seulement les traces du foyer en étaient les plus rapprochées, ainsi que le fragment de crâne humain, placé au-dessous de ce même foyer à environ $1^{m},50$. Quant aux ossements de Rhinocéros et aux autres mammifères éteints ou analogues aux races actuelles, ils étaient à $9^{m},50$ au-dessous de l'ouverture.

Ainsi ces divers objets, placés dans la même caverne à des niveaux différents, s'y trouvaient dans l'ordre de leur date relative. Le niveau supérieur était en effet occupé par le foyer, le moyen par les produits de l'industrie gallo-romaine, et l'inférieur par les ossements de mammifères.

Les os étaient recouverts par une couche de calcaire stalagmitique assez épaisse pour ne pas avoir été entamée ni pénétrée par les courants. Aussi n'avaient-ils pas été mélangés avec les objets d'art, d'autant que les uns et les autres étaient séparés par de puissantes couches de limons et de graviers; mais, ce qu'il importe de faire remarquer, c'est que si ces circonstances ne s'étaient pas présentées dans la grotte de Pontil, exploitée depuis six ou sept ans pour en extraire des pierres propres à faire du *macadam*, tout ce que cette grotte renferme aurait été mélangé d'une manière plus ou moins complète par l'action des eaux qui y ont entraîné, à des époques diverses, les limons et les graviers dont elle était remplie. Ainsi les ossements des Rhinocéros et les divers objets qui annoncent la présence de l'homme dans ces souterrains au-

(1) On s'est beaucoup étonné à Saint-Pons que cette pierre de hache pût servir de pierre de touche; mais il en est ainsi de la plupart des minéraux qui, avec des couleurs sombres, jouissent d'une certaine dureté et sont susceptibles de poli.

raient été confondus dans les mêmes limons, comme cela est arrivé dans la plupart des cavités où de pareilles conditions ne se sont pas présentées.

Les faits observés dans la grotte de Pontil, dont la découverte remonte à une dizaine d'années, confirment pleinement nos observations récentes. Elles nous ont fait connaître que les os humains et les produits de l'industrie, quoique confondus parfois dans les mêmes limons où sont entassés tant d'animaux divers, ne sauraient être considérés comme de la même époque. Leur mélange, lorsqu'il a eu lieu, a été tout à fait accidentel, et a été opéré par des causes postérieures au transport et à l'entraînement des ossements dans les cavités souterraines (1).

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Marcel de Serres :

Note sur de nouvelles brèches osseuses découvertes sur la montagne de Pédémar, dans les environs de Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard); par M. Marcel de Serres.

La montagne de Pédémar, où l'on a rencontré des brèches osseuses jusqu'aujourd'hui inconnues, est située à 1 kilomètre S.-S.-O. de Saint-Hippolyte. Ces brèches y ont été découvertes par M. Entz, sergent-major au 99e de ligne, qui en fit part à M. Victor, capitaine dans le même régiment. Elles se trouvent sur le flanc méridional de la montagne isolée qui est élevée de 344 mètres au-dessus du niveau de la mer, et de 168 mètres au-dessus de sa base, la vallée de Saint-Hippolyte étant supérieure de 176 mètres au premier niveau.

Considéré dans son ensemble, Pédémar a la forme d'un cône tronqué, dont les contours représentent un ovale allongé. Le grand diamètre de cet ovale est de 300 mètres, et le petit de 140 seulement. Quant à la circonférence du plateau, elle est d'environ 600 mètres. C'est sur cette surface, d'une bien faible étendue, que s'est passé l'étrange phénomène de l'accumulation d'un grand nombre d'ossements d'animaux divers. Aussi ne découvre-t-on, au milieu des limons rougeâtres qui les enveloppent, que des fragments de roches néocomiennes, caractérisées par le *Spatangus retusus*, les *Belemnites latus*, *dilatatus*, et les *Ammonites*

(1) *Des ossements humains et de l'époque de leurs dépôts*, par M. Marcel de Serres; Montpellier, Boehm, in-4, 1855.

bidichotomus, *Cryptoceras Leopoldianus* et *Beudantii*, qui se rapportent aux terrains crétacés inférieurs (1).

Il n'en est pas de même dans les montagnes environnantes, et, par exemple, dans celles qui constituent une petite chaîne au-dessus du vallon de Saint-Hippolyte, dans la direction du S.-E. au N.-O. Le Cingle (317 mètres) et Banèle (449 mètres) appartiennent au calcaire oxfordien, et la Roque-Alais (454 mètres) au calcaire oolithique. Elles sont toutes recouvertes par des limons rougeâtres sans ossements, mais offrant de nombreux fragments de roches : les premières, de calcaire oxfordien, et la dernière, de calcaire oolithique. Comme la montagne de la Fage (947 mètres) se rapporte à la formation liasique, il en est ainsi des roches fragmentaires qui s'y trouvent.

C'est donc un fait commun aux montagnes voisines de Pédémar d'être recouvertes par des limons, dans lesquels sont disséminés uniquement des fragments des roches propres aux sommités où se trouvent les limons qui les enveloppent. Cette condition constante prouve que le transport des ossements a été dû à un courant très rapide qui a pris naissance sur la montagne elle-même, quoique la petite distance qu'il a parcourue porterait à supposer le contraire.

Les traces de ce courant sont assez manifestes sur le sommet du plateau, surtout du côté où sont accumulés les limons ossifères, c'est-à-dire vers le flanc méridional de la montagne. Ces traces consistent en sillons longitudinaux dirigés vers le sud, en gouttières, en diverses sortes d'excavations, en même temps qu'en ressauts multipliés qui ont dû former de véritables cascades, lors du passage des eaux.

C'est donc à leur violence que serait due la réunion de tant de limons osseux sur la montagne de Pédémar, dont l'exhaussement a été bien antérieur à celui de leur transport. Il est sans doute difficile d'admettre, au premier aperçu, que cette agglomération ait pu dépendre d'une cause dont les effets ont si peu duré; néanmoins, on ne saurait lui en substituer une autre. L'isolement de cette montagne et la profondeur de la vallée de Saint-Hippolyte qui est à ses pieds s'y opposent d'une manière en quelque sorte invincible.

Les mêmes faits et presque les mêmes circonstances se sont re-

---

(1) La montagne de Pédémar est formée à sa base par des calcaires et des marnes néocomiennes qui disparaissent peu à peu à mesure que l'on s'élève vers son sommet. Il en est de même des vallons qui sont au pied de Pédémar.

présentés lors de la découverte que nous avons faite dans le temps des brèches osseuses de la métairie de Bourgade, près de Montpellier, avec lesquelles celles de Pédémar ont la plus grande analogie (1). Ces analogies résultent de ce que les Rhinocéros sont les espèces dominantes dans les unes et dans les autres, et du petit nombre d'ossements déterminables que l'on y découvre. La plupart, brisés en éclats, tranchent par leurs nuances blanchâtres sur la couleur d'un rouge sombre du limon.

Ce limon ne renferme pas la moindre trace de cailloux roulés, mais seulement des roches fragmentaires; on n'y voit pas non plus de coprolithes ni de coquilles. Quant aux ossements qu'il recèle, ils sont disséminés sans ordre et sans aucun rapport de position avec celle qu'ils occupaient dans le squelette, quoiqu'ils n'aient pas été rongés ni roulés. La plupart de ces circonstances se représentent dans plusieurs cavernes à ossements, notamment dans celle de Billa-Sourgun, dans l'Inde orientale.

Les brèches de Pédémar auraient un bien plus grand intérêt, si les ossements que l'on y découvre n'étaient pas à peu près tous fracturés, et la plupart par conséquent indéterminables. Les seuls dont on ait pu reconnaître l'espèce ont appartenu à un Rhinocéros que nous avons décrit sous le nom de *minutus* dans nos recherches sur les cavernes ossifères de Lunel-Vieil (2); M. Paul Gervais lui a donné plus tard le nom de *lunellensis* (3). Les autres débris osseux ont signalé des ruminants, les uns de la taille des bœufs, et les autres de celle de nos moutons ou de nos bouquetins; enfin plusieurs de ces débris ont signalé des solipèdes du genre *Equus*.

On peut supposer que les brèches osseuses, maintenant à découvert auprès de la fissure verticale, étaient enfermées, avant l'éboulement des roches qui les recouvrent, dans une espèce de cavité ou de grotte, d'une longueur d'environ 15 mètres, et d'une largeur et profondeur de 4 mètres. Cette supposition nous a paru assez probable pour faire pratiquer les fouilles au-dessous de cette profondeur. On arrivera ainsi plus promptement à la cavité inférieure, dont la fente principale n'est probablement que la continuation ou une sorte de cheminée Il ne serait pas impossible, si

(1) *Annales des sciences naturelles, partie zoologique*, t. XIV, 3e sér.. 1850, p. 91.

(2) *Recherches sur les cavernes à ossements de Lunel-Vieil*, Montpellier, année 1839, in-4, p. 142, pl. XII.

(3) *Paléontologie française*, Paris, 1848 à 1852, p. 48, in-folio.

l'on arrivait à une pareille cavité et si l'on y découvrait des ossements, qu'ils fussent plus entiers, et par conséquent déterminables. Cette circonstance, si elle venait à se présenter, aurait une assez grande influence sur la connaissance des espèces qui auraient vécu dans les environs de Saint-Hippolyte à l'époque de la dispersion des anciens terrains de transport nommés improprement dépôts diluviens ou *diluvium*.

Du reste, le limon rougeâtre dans lequel sont engagés les ossements et les fragments des roches néocomiennes est essentiellement ferrugineux et calcaire, et non argileux comme on l'avait supposé. Aussi fait-il fortement effervescence dans les acides énergiques. Les os qu'il enveloppe ont acquis une assez grande solidité, par suite de la perte d'une partie de leur substance animale. Cette solidité est cependant bien au-dessous de celle des limons, dans lesquels les os sont engagés et forment corps avec eux.

Qu'il nous soit permis, avant de terminer ces lignes, de remercier, au nom de la science, M. le capitaine Victor et M. Adrien Jean-Jean, du zèle qu'ils ont apporté dans les recherches dont nous venons de donner un aperçu. Puissent leurs efforts être couronnés d'un succès complet, succès qui ne sera pas sans quelque importance pour le progrès de cette partie de nos connaissances.

Séance du 21 *décembre* 1857.

PRÉSIDENCE DE M. DAMOUR.

M. P. Michelot, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

ÉTALLON, professeur d'histoire naturelle au collége de Gray (Haute-Saône), présenté par MM. le docteur Perron et P. Michelot ;

ALVARO REYNOSO, docteur ès sciences de la Faculté de Paris, professeur de chimie organique à la Faculté de Madrid, actuellement rue des Beaux-Arts, 15, présenté par MM. Charles d'Orbigny et Hugard.

Le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le colonel J. E. Portlock, *Address delivered at the anniversary meeting of the geological Society of London*, 20 *febr.* 1857, in-8, 123 p. Londres, 1857, chez Taylor et Francis.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1857, 2e sem., t. XLV, nos 23 et 24. — *Table du* 1er *sem. de* 1857, t. XLIV.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XIV, no 83, novembre 1857.

L'Institut, nos 1249 et 1250, 1857.

L'Ingénieur, nos 9 et 10, septembre et octobre 1857.

The quarterly journal of the geological Society of London, vol. XIII, nov. 1857, no 52.

The Athenæum, 1857, nos 1572 et 1573.

Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, 4e cah., 1857.

Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc., von Leonhard und Bronn, 1857, 5e cahier.

Revista minera, t. VIII, no 182, 15 décembre 1857.

Le Secrétaire lit la lettre suivante de M. Martins.

Montpellier, le 19 décembre 1857.

Monsieur le Président,

Le libraire Adolphe Delahays vient de réimprimer, avec le millésime de 1858, la traduction du *Cours complet de météorologie de Kaemtz* que j'ai publié en 1843. A cette époque, l'ouvrage, avec les notes que j'y avais ajoutées, était au courant de la science ; quinze ans plus tard, il est évident qu'il ne l'est plus. Je désire donc que mes confrères de la Société géologique sachent que je suis complétement étranger à cette spéculation commerciale ; c'est à mon insu, sans m'en prévenir, que M. Delahays a réimprimé ce livre, dont la date est un mensonge, et dans lequel on n'a pas même corrigé les fautes de typographie du premier tirage. Je serais charmé, monsieur le Président, que ma lettre fût insérée au procès-verbal et dans le *Bulletin*.

M. Viquesnel communique l'extrait suivant d'une lettre, en date du 22 novembre dernier, qui lui a été adressée de Vienne par M. Ami Boué.

M. le professeur Unger, un de nos académiciens, doué d'un esprit scientifique des plus distingués, a remis à un éditeur de Munich ses *quatorze tableaux des végétations primordiales du globe*. Il y a ajouté deux tableaux pour le silurien et le dévonien. Le texte explique brièvement la découverte de toutes les formes fondamentales de la végétation actuelle dans ces commencements d'organisations, surtout aquatiques et marines. Maintenant, en remontant à l'origine des choses, la pensée du philosophe ne se perd plus dans une obscurité désolante; mais, en partant de l'époque actuelle, elle remonte sans peine à ces périodes si éloignées de nous, où la lumière et l'humidité aqueuse ont été les moteurs du premier développement des êtres. Dès ce moment, les mêmes lois, toujours uniformes, ont régi tout ce qui est organique.

Une grande nouveauté, c'est la nomination de Suess comme professeur extraordinaire à l'Université de Vienne. Nous aurons donc de la paléontologie tout de bon, mais provisoirement sans salaire de l'État. Le docteur Zékili faisait bien, sur la géologie et la paléontologie, un cours payé par les étudiants, mais il n'était pas reconnu professeur, et n'était qu'un *docent*, comme on appelle ici les aspirants-surnuméraires du professorat, pauvres diables qui traînent une existence souvent misérable. Je crois que Suess est homme à établir tout à fait la paléontologie en bonne odeur et compagnie. Donc, ne perdons pas patience, et espérons que la géologie, tout aussi inoffensive, trouvera bientôt grâce devant le Conseil de l'instruction publique. Suess vous aura expédié son début: c'est bien; Cuvier y est couvert à bon droit de grands éloges.

La Société de géographie vient de publier son premier cahier de *Mittheilungen* ou communications. Haidinger malheureusement quitte la présidence pour cause de mauvaise santé.

La Société botanique et zoologique est fort active et publie régulièrement.

L'Académie a pris possession de l'ancienne Université, bâtiment occupé jusqu'en 1856 par le militaire, et restauré au prix lourd de 35,000 florins ou 88,000 francs. Nous nous trouvons sous les plus belles peintures mythologiques, dans des salles fort hautes; nous avons une salle d'apparat qui prend une place énorme, et des escaliers et rez-de-chaussée d'un spacieux extraordinaire. A cela près, c'est un beau présent pour une Académie.

L'expédition de la Novara a envoyé de Rio-Janeiro quelques communications : en particulier, des notes sur Madère par Hochstetter. Il a remesuré le plus haut pic; il dit qu'il y en a d'autres non mesurés plus élevés; ils sont inaccessibles. Il a fait une coupe, et avoue du reste ne pouvoir donner que du connu. Les expéditions marines touchant la plupart aux mêmes lieux et n'y restant que presque le même temps, le géologue ne peut espérer du nouveau que dans des moments où l'ancre tombe par hasard ou par décision prise d'avance dans quelque parage nouveau.

M. Panschitch a publié, dans le sixième volume des *Mémoires de la Société botanique et zoologique de Vienne*, un catalogue des plantes de la Savoie (plus de 1000), où vous êtes aussi plusieurs fois cité.

M Kreil a fait un assez long voyage météorologique et magnétique en Transylvanie.

Un M. *** a découvert, dans les racines, des lois de dichotomie ou arrangement mathématique particulier, comme pour les feuilles des plantes. Pour cela, il a fait végéter certaines plantes dans l'eau, la racine passant à travers les trous d'une plaque de verre.

M. Viquesnel fait, au nom de M. Fournet, la communication suivante :

Observations au sujet des allures et de la configuration de certains filons, par M. J. Fournet, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences de Lyon.

1° En 1834, on n'assignait encore aux filons qu'un petit nombre de formes : c'étaient celles des *filons fentes*, des *filons-couches*, des *serpenteaux* ou *traînées de filons*, des *amas* et des *stockwerks*, auxquels on ajoutait les *culots*, les *coureurs de gazons*. Ces objets étaient parfois assez mal définis ; car qui sait ce que peut être un *coureur de gazons?* Le stockwerk est-il plus rigoureusement déterminé? Et évidemment les filons-couches ne sont pas mieux précisés.

De pareilles incertitudes ne devaient pas demeurer plus longtemps dans la science, et j'ajoutai d'abord à la liste précédente les *filons de contact* qui sont des filons fentes incomplets, en ce sens qu'ils ont pénétré dans le joint de séparation d'une roche éruptive et des assises sédimentaires. Cette dénomination a été si bien adoptée par les mineurs qu'elle est devenue une de ces choses banales dont on ne recherche plus l'inventeur. Cependant, quelques-

uns des types qui m'avaient servi d'exemple laissaient à désirer, vu l'état d'imperfection de la géologie de l'époque, et j'ai été assez heureusement servi pour en découvrir d'autres de nature parfaitement irréprochable. Tel est surtout le petit gîte de la Sierra-Niedda dans l'île de Sardaigne. Il se compose de galène, de baryte sulfatée et de spath-fluor, agglomérés sous la forme d'une lentille flanquée contre un culot porphyrique, de manière à faire voir que l'un et l'autre se sont épanchés simultanément, malgré la composition saline des gangues.

2° Une disposition beaucoup plus importante, complexe, et jusqu'à présent très peu connue, se compose d'une série de masses lenticulaires, injectées dans l'épaisseur d'une zone schisteuse déterminée. Tel est le cas pour l'ensemble pyriteux de Chessy et de Sain-Bel qui avait successivement dérouté plusieurs de ces ingénieurs, dont l'initiative est barrée par les notions habituellement énoncées dans les livres. Les uns, partant des idées relatives aux filons-fentes, continuaient à suivre la direction quand ils avaient trouvé le bout de leur lentille; ils espéraient n'avoir à franchir qu'un intervalle stérile, et leur espoir était déçu. Les autres, croyant à l'existence de couches, se trouvaient encore bien plus gravement désappointés, lorsqu'ils voyaient successivement s'amincir, puis s'annihiler la masse qu'ils avaient exploitée, et cela sans pouvoir en retrouver la suite, ni dans le sens horizontal ni dans le sens du pendage. Enfin, le gros renflement de Chessy était désigné en particulier sous le nom d'*amas*, expression fort commode, mais souvent très impropre, témoin le cas actuel. Chacun opérant donc sur la foi de données insuffisantes, il en était résulté de très vastes travaux produisant un désordre d'autant plus grand, que parfois le hasard ayant fait affleurer plusieurs lentilles dans un espace déterminé, elles avaient été l'objet d'exploitations spéciales, sans que l'on eût songé à chercher la loi qui les raccordait les unes aux autres. Enfin, au milieu de ces aberrations, l'épuisement des mines semblait être devenu complet.

C'est dans cet état que la direction des recherches me fut confiée, et l'on comprendra facilement mes embarras du début. Cependant, peu enclin à reculer devant les difficultés et bien pénétré du précepte que la nature, loin de livrer immédiatement ses secrets, veut être observée de près, je me suis mis à l'étude. Il me fut d'abord facile de voir qu'il ne s'agissait pas de filons-fentes, attendu que les relations de parallélisme habituel des veines et des schistes encaissants ne s'accordaient pas avec l'acception ordinaire du mot. D'un autre côté, il ne pouvait être question de couches

sédimentaires; car çà et là je rencontrais de singulières inflexions, en vertu desquelles les prétendues couches se jetaient obliquement dans les schistes. Bientôt encore je reconnus des indices de triturations énergiques, des froissements intenses de quelques parties des schistes, de façon qu'il me fallut accepter l'idée d'une injection violente. J'arrivai en outre à voir que les parties métallifères se trouvaient limitées dans tous les sens, étant d'ailleurs parfois fort étendues, fortement renflées, et plus souvent encore très exiguës. Cette circonstance fit naître en moi l'idée de la forme lenticulaire de ces sortes de filons.

Passant ensuite à la coordination réciproque de ces masses, grandes ou petites, je constatai leur assujettissement à un parallélisme acceptable en gros, bien qu'il fût quelquefois contrarié par les détails. Il en résultait que ces lentilles, obéissant à une direction commune, se trouvaient parfois juxta-posées, n'étant séparées que par des épaisseurs variables de schistes, ou bien encore elles étaient espacées de manière à ne pas filer exactement sur le prolongement les unes des autres; mais elles cheminaient en masse comme une colonne de troupes, dont les soldats, allant à la débandade, ne seraient maintenus en ligne que par les accotements de la route. Enfin, quelques gros renflements de Sain-Bel, et plus particulièrement l'amas de Chessy, analysés minutieusement, se montrèrent composés de plusieurs lentilles presque juxta-posées, n'étant séparées que par des diaphragmes schisteux assez minces pour se soustraire à l'attention ordinaire, mais incapables de m'échapper après les observations précédentes. Au surplus, la cohue s'étend depuis l'extrémité nord de Chessy jusqu'au sud de Chevinay, en file parfaitement suivie sur plusieurs lieues d'étendue, car on en retrouve les traces, riches ou pauvres, partout où le sol est suffisamment dénudé, à Fleurieux, autour d'Éveux, à la Tourette, à Saint-Gervais, à Sourcieux, au Pilon, à Chevinay, puis au delà vers Courzieux, suivant la direction N.-N.-E., S.-S.-O. d'une bande de schistes décolorés, et dont la largeur paraît varier entre 30 et 100 mètres environ.

Eh bien! sauf quelques variantes, j'ai retrouvé les mêmes arrangements pour les gîtes cuprifères inclus dans les schistes de Klausen, en Tyrol, de Val di Blora, dans les Alpes de Nice, de Saint-Marcel, dans la vallée d'Aoste, et pour la bande pyriteuse de Bocchegghiano, sur la Mersa, affluent de l'Ombrone, en Toscane. Laissant d'ailleurs de côté, pour un moment, les pyritisations latérales plus ou moins intenses qui accompagnent ces lentilles, je dépeindrai le modé de formation de ces gîtes, en assimilant

l'ensemble schisteux encaissant à une rame de papier, dont une partie serait gauchie sous l'influence d'une pression légèrement oblique. Il en résultera nécessairement parmi les feuillets des entre-bâillements qu'un liquide métallifère, injecté violemment, peut remplir, se moulant dans les interstices, froissant, déchirant quelques pages, imbibant, ramollissant celles qui sont imperméables, et les disposant ainsi à obéir à l'influence des puissances contractiles, à l'empire desquelles les corps mous sont soumis. D'ailleurs, la ductilité acquise permettra un rapprochement des parois suffisant pour effectuer la délimitation à peu près circulaire des gîtes, et, si le tout vient à se solidifier dans les entre-bâillements, on aura des filons transversaux dans les déchirures et des froissements en d'autres points.

Il s'agit dès à présent de donner un nom à ces sortes de dispositions, et je pense que celui de *traînées de lentilles* pourra satisfaire les mineurs, puisqu'il se rapproche de celui de *traînées de filons*, déjà proposé par Werner. En tous cas, je lui souhaite un sort aussi heureux qu'à mon expression de *filons de contact*.

3° A la suite des gîtes précédents, il me faut en ranger d'autres chez lesquels la confusion est beaucoup plus grande, bien que la théorie n'en diffère pas essentiellement, et je prendrai d'abord pour exemple un type quartzeux du Morvan que j'ai examiné en 1852. Il est placé à 1 kilomètre environ à l'ouest de Verrière, où il complète un filon quartzeux connu dans le pays sous le nom de *roche de glène*, et que M. Gruner est porté à ranger parmi les masses des périodes porphyrique et euritique.

Ce filon, étant profondément dénudé de son entourage, se présente sous la forme d'une longue et épaisse muraille, crevassée dans divers sens et surtout verticalement, de manière qu'éboulée çà et là, il est resté un énorme dyke aux formes âpres, dentelées, excessivement déchiquetées, s'abaissant sur un point pour s'élancer ensuite en pyramides bizarres, de 10 à 12 mètres de hauteur, ou en quilles semblables à autant de *menhirs*.

Ce filon, à peu près vertical, est légèrement sinueux; mais, en vertu de son allure moyenne, suivant H. 4, il se prolonge de l'autre côté de la vallée où l'on en découvre encore les saillies. Il est d'ailleurs encaissé dans un granite à grands cristaux d'orthose, tendant à l'état porphyrique ou euritique, comme la plupart de ceux du Morvan. Enfin sa masse consiste en un quartz blanc laiteux, esquilleux, passant au hyalin, généralement très pur, peu concrétionné, mais très géodique, et cependant il n'est point métallifère.

A cet égard, il ne serait que d'un bien mince intérêt pour le mineur; mais, en fait de filons, non moins que pour d'autres parties de la géologie, il importe d'établir des raccordements, et, dans ce but, je vais immédiatement compléter ces premiers aperçus.

Sous l'influence de la secousse qui détermina l'injection du quartz, la roche encaissante a été excessivement morcelée et dénaturée. Cette circonstance se déduit non-seulement de ses fragments empâtés çà et là dans la masse du filon, mais encore des myriades de veinules siliceuses dispersées du côté du toit, où j'ai pu les observer, non sans étonnement, jusqu'à la distance de plus de 500 mètres, sans en trouver la limite.

Pour dépeindre de la manière la plus simple cette stupéfiante dissémination du quartz, on peut assimiler le tout à un vaste concassement, dont les divers fragments auraient été reliés par la matière émanée du même foyer que celle du filon principal. Généralement moins abondante que le détritus, la silice ne constitue que de minces filets qu'il faut chercher au milieu du morcellement porphyritique. Ailleurs, réunie en nombreux faisceaux ou en masses plus compactes, elle a communiqué sa solidité, ainsi que son degré de résistance, à certaines parties de la roche, de façon que celles-ci, conservant une partie de leur hauteur, malgré l'ablation générale des parties tendres, simulent encore autant de crêtes de filons. Cependant ils ne sont que des appendices ou des dérivés du gîte principal.

Il est presque inutile d'ajouter que ces effets ont dû se produire pendant que la silice était encore visqueuse. Les empreintes cannelées, provenant des glissements et conservées par cette pâte, en donneraient au besoin la preuve; mais son état d'imparfaite fluidité est encore plus rigoureusement démontré par la disposition des fragments qu'elle a maintenus écartés les uns des autres, contrairement à ce que l'on devrait attendre de la part d'une liquéfaction parfaite, et notamment d'une dissolution aqueuse, ou bien d'une incrustation produite par les vapeurs.

On remarquera d'ailleurs qu'un peu plus loin, près du Grand-Vernet et dans la montagne du Boutou, d'autres filons, également quartzeux, contiennent de la pyrite de fer, du fer oligiste et du fer oxydulé, minéral que l'on rencontre d'ordinaire avec des associations plutoniques, et dont malheureusement M. Gruner n'a pas connu la présence.

Au surplus, la pyrite, étant altérable, donne naissance à des hydrates de fer fortement concrétionnés, cariés, compactes, rési-

nites ou ocreux. En même temps, les sulfates, réagissant sur les parties les plus perméables de la roche encaissante, ont produit des hydrosilicates alumineux ou des espèces de kaolins, tantôt purs et tantôt colorés par l'oxyde. De là autant d'indications qui suffiront, je pense, pour faire voir que ces quartz du Morvan ne sont pas toujours absolument stériles ; combinées d'ailleurs avec les précédentes, elles vont nous servir pour expliquer l'état d'un autre gîte qui se trouve près du Bouchet.

Ici le terrain du Morvan se compose de granites et de porphyres qui ont soulevé et métamorphisé en jaspes, ou transformé en mélaphyres, une épaisse nappe de schiste, sur laquelle sont étalés quelques lambeaux d'une grauwacke blanche, presque toujours finement sableuse, et dont le ciment siliceux est tellement abondant qu'il rendrait la roche méconnaissable sans les cailloux de quartz hyalin laiteux qu'on y rencontre çà et là. Cette imprégnation, plus forte sur certains points qu'ailleurs, donne particulièrement naissance à la *Pierre à Niquet* et à la *Roche Crodelaire*, saillies auxquelles leur hauteur imprime toutes les apparences habituelles aux crêtes des filons. Elles sont, de plus, orientées dans le sens général des filons quartzeux du pays ; mais, en les examinant de près, on s'assure qu'elles sont composées de la grauwacke encaissante, suffisamment consolidée par le quartz pour résister aux causes de dégradation dont l'effet, plus sensible sur les parties ambiantes, les a déchaussées.

Indépendamment de ces mélanges, le quartz se montre encore en grandes masses à peu près pures, et, à cet égard, il faut mentionner d'abord le grand filon qui est placé à peu près au centre de l'espace dont nous devons nous occuper, entre le Bouchet et la Vaux-de-Farrière ; il est exploité pour la fabrication des meules de moulins. Plus loin, dans le territoire de Prabi, situé sur le versant des eaux de la Dragne, au-dessus du Moulin de la Rochette, le quartz constitue à lui seul une partie très notable d'un dépôt ferreux, aux affleurements duquel il se montre sous la forme de gros quartiers rugueux, caverneux et empilés les uns sur les autres. L'un d'eux, reposant sur trois autres qui, à leur tour, gisent sur un entablement également quartzeux, figure une sorte de trépied gigantesque ou un dolmen druidique. Cet ensemble a reçu le nom de *Pierre Perthusie*, à cause des pertuis ou des trouées qui apparaissent entre les blocs.

Enfin, presque partout où le sol a été suffisamment dénudé, le même quartz apparaît en veinules disséminées dans la grauwacke,

dans les schistes, de manière à rappeler les enlacements siliceux du voisinage de la Roche de Glène, et, en cela, ce dernier gisement vient jeter du jour sur la constitution de celui du Bouchet.

Toutefois, ce n'est pas seulement le quartz qu'il s'agit de considérer. De même qu'aux Pourriots, sa fonction se réduit à celle d'une gangue qui, au moment de son éruption, a amené avec elle des matières ferreuses, dont l'état originaire se montre dans les parties des veines ou des filons, suffisamment compactes ou profondes pour être demeurées à l'abri des agents atmosphériques. Ainsi, celui des Mousseaux exhibe une grande quantité de pyrite de fer ; celui de la Pierre-Perthusie contient du fer oligiste. D'ailleurs les trois éléments, quartz, pyrite et fer oligiste, se rencontrent également sur d'autres points où ils sont simplement plus clairsemés.

Il en résulte donc une dissémination métallique telle que l'on est à peu près certain de trouver du minerai partout où l'on fonce un trou en travers de la terre végétale. C'est même ainsi, et sans aucun indice précurseur, sans autre connaissance que celle du fait en lui-même, qu'on l'a découvert successivement au milieu des bois situés entre la Roche Crodelaire et la Pierre à Niquet, sous les rampes cultivées du Champ-Robert, dans les escarpements de la Rochette, et, en un mot, au fond comme sur les principaux flancs du bassin du Bouchet.

La cause de cette diffusion est complexe, et, dans le but de la faire connaître, nous allons suivre les phénomènes pas à pas, en prenant un filon proprement dit pour point de départ.

Quand le quartz en constitue la masse essentielle, le fer est principalement au toit et au mur, sans que cependant on puisse considérer cette règle de position comme étant absolue. En effet, le minerai peut aussi se montrer disséminé dans le quartz sous la forme de veinules ou de rognons irréguliers. Si au contraire la partie métallique devient prédominante, le quartz y est simplement distribué en parties plus ou moins exiguës, et qui s'effacent même entièrement dans le tricot général. Ces distributions diverses se laissent d'ailleurs facilement découvrir à la Pierre-Perthusie, au filon des Mousseaux, dans les fosses du Champs-Derrière, du Champaret et des autres points voisins du hameau de la Vaux-de-Farrière.

Ce n'est pas à dire pour cela que le métal n'a pas pu s'isoler de sa gangue, de manière à remplir à lui seul quelques couloirs; mais ces diramations si fréquentes en tous pays, autour des filons principaux, s'effacent ici au milieu d'une dissémination bien autre-

ment intime, provoquée par la métallisation du terrain, genre de métamorphisme bien connu des mineurs. Il faut y ajouter les résultats de l'action atmosphérique.

En effet, les pyrites, se convertissant en sulfates, ont produit un *brand* général dans lequel les hydrosilicates alumineux, purs ou colorés par le fer et par le manganèse, sont accompagnés de quelques veinules calcédoniennes ou de jaspes jaunâtres et ferreux. Ailleurs, les mêmes sulfates ont laissé leur fer en masses pour ainsi dire pures, résinites, compactes, hématitiques, ocreuses, et que l'on rencontre dans toutes les fouilles plus ou moins superficielles.

Je n'insisterai pas sur le système d'exploitation, dont j'ai proposé l'adoption à l'égard des gîtes du Bouchet, et, pour résumer, je dirai qu'ils sont le produit définitif de phénomènes complexes.

Liés aux grandes éruptions quartzeuses du Morvan, ils doivent être rangés dans la même catégorie que les filons de la roche de glène et des environs du Grand-Vernet. Comme eux, ils contiennent du quartz, du fer oligiste, de la pyrite, et peut-être montreront-ils un jour le fer oxydulé.

Leur ensemble peut d'ailleurs être considéré comme offrant deux parties distinctes, savoir : 1° celles qui, en raison de leurs dimensions, ont conservé les caractères des filons proprement dits, et telles sont les masses des Mousseaux et de la Pierre-Perthuisie ; 2° celles qui ne consistent qu'en une simple dissémination de gangues et de pyrites projetées dans les roches encaissantes. Enfin les agents atmosphériques ont remanié le tout dans les parties voisines de la surface.

Quel nom donnerons-nous actuellement à ces terrains si intimement soumis à la pénétration filonienne? Évidemment, il ne peut pas être question ici d'*amas*. Je serais plutôt porté à les considérer comme étant un *stockwerck*, expression que l'on peut traduire par la phrase *œuvre en amas*. Cependant, si l'on considère d'une part les incertitudes qui planent encore sur la théorie du stockwerck type de Geyer, et d'autre part l'application du même mot à des objets complétement étrangers aux filons, tels que le stockwerck du Mont-Meissner qui n'est qu'un amas de lignite, on arrive à penser qu'une expression plus précise ne serait pas hors de saison. Or, nos bateliers, voulant désigner la partie du Rhône voisine de Seyssel, où les bras du fleuve s'entrelacent de la manière la plus confuse entre les îles et les bancs de graviers, l'appellent tout simplement *malouvère*. Qui empêcherait donc d'appliquer ce mot, si éminemment français et pittoresque, aux gîtes si mal ourdis du

Morvan, ainsi qu'à tous les autres tissus métallifères qui pourraient leur ressembler.

4° Au rang des progrès introduits dans la question de la disposition des filons, il faut ranger les *filons-failles* récemment indiqués par mon ami M. Gruner (*Ann. de la Soc. d'agr. de Lyon*, t. VIII, 2e série).

Dans ce travail capital, au sujet de la classification des filons de la France centrale, notre excellent ingénieur a fait ressortir en particulier une longue ligne métallifère comprise entre les granites et les terrains carbonifères, traversée par les porphyres granitoïdes, par les porphyres quartzifères et par les basaltes Partant de la Bombarde, près de Saint-Just en Chevalet, pour s'étendre vers Marcilly, du côté de Boën, à peu près parallèlement à l'Auzon et au Lignon, elle est jalonnée de distance en distance par des affleurements quartzeux et barytiques, contenant de la galène, et parfois des pyrites sulfureuses ou arsenicales.

Les granites y étant exhaussés au niveau du grès anthracifère, il en est résulté une vaste faille presque rectiligne, à parois verticales ou renversées, dans laquelle les filons ont été introduits postérieurement au terrain carbonifère, et bien après la complète solidification du granite. D'ailleurs, l'espace qui sépare les deux roches encaissantes est souvent comblé par une puissante brèche de frottement, généralement chargée de veinules quartzeuses, barytiques et plombeuses. Des filons secondaires, inclus dans le terrain carbonifère, escortent en outre cette bande principale, lui étant parfois parallèles, parfois aussi s'écartant plus ou moins de sa direction, mais sans offrir les caractères de véritables *croiseurs*. D'autres filons analogues sont placés à d'assez grandes distances, jusque dans la vallée de l'Aix, parallèle à celle de l'Auzon, où ils forment pour ainsi dire un système spécial.

Or, une pareille complication, jointe à l'indépendance des filons et du granite qui les limite, doit nécessairement porter à faire de ce système quelque chose de distinct des filons de contact. Je m'empresse donc d'adopter la dénomination imposée par M. Gruner, en faisant remarquer en outre que ce résultat de ses perspicaces observations évitera des méprises aux directeurs des mines, sujets à se soumettre aux banalités contenues dans quelques ouvrages élémentaires.

5° M. Durocher admet encore l'existence des *couveurs de gazons*, c'est-à-dire des veinules disséminées dans les roches d'une manière purement superficielle, et il appuie sur les gîtes de cette sorte ses idées au sujet de la formation des filons par la voie

mines de 1819 (1re sér., t. IV, p. 496). Comme la présence du sel gemme en France était alors signalée pour la première fois, et que cette découverte apportait du trouble dans un grand nombre d'intérêts, il ne fallait rien moins que de pareils témoins pour convaincre, *de visu*, les incrédules, qui se refusaient à voir des pièces de conviction dans les matières pulvérulentes rapportées par la cuiller.

M. Laurent ne nie pas qu'à l'époque, déjà reculée, citée par M. Levallois, on ait réussi à enlever des terrains traversés par la sonde, des témoins en colonne, mais, a-t-il ajouté, on était loin d'opérer d'une manière donnant des résultats aussi volumineux et de les obtenir d'un travail courant.

Je crois que les outils de l'époque citée par M. Levallois étaient des outils dentés comme une scie et agissant par rotation, tandis que les instruments actuels agissent par percussion.

C'est à M. Évrard, ingénieur civil des mines, à Valenciennes, cité par M. Combes dans son *Traité d'exploitation des mines*, que serait dû le premier outil à percussion, avec une méthode propre à indiquer par l'application d'une marque préalable imprimée sur le témoin l'inclinaison des couches traversées.

L'outil dont nous nous servons pour découper le terrain est le même, modifié de manière à porter la hauteur des colonnes obtenues couramment à $0^m,60$ ou $0^m,90$, au lieu de quelques centimètres que l'on obtenait autrefois.

L'instrument qui sert à briser les colonnes, et à les remonter au sol dans la position rigoureuse qu'elles occupaient au fond du sondage est nouveau, ou tout au moins je le crois, ne connaissant ou n'ayant jamais rien vu qui lui ressemble.

M. Daubrée fait la communication suivante :

Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique, sur la formation des galets, des sables et du limon, et sur les décompositions chimiques produites par les agents mécaniques; par M. Daubrée, doyen de la Faculté des sciences de Strasbourg.

Les appareils et les forces que nous pouvons mettre en jeu sont toujours bornés; ils ne peuvent imiter les phénomènes géologiques qu'en les rapetissant à l'échelle de nos moyens d'expérience.

L'expérimentation n'a donc pas ici la même valeur que dans l'étude des phénomènes physiques ou chimiques. Aussi les méthodes expérimentales tiennent-elles jusqu'à présent très peu de place dans les recherches de la géologie.

On peut néanmoins aborder ainsi beaucoup de questions, sinon pour les résoudre complétement, au moins pour les éclairer et en préparer la solution. Si, en effet, la nature a employé des procédés très divers pour arriver au même but, on peut aussi, en variant soi-même les moyens que l'on met en œuvre, chercher à définir nettement les conditions compatibles ou incompatibles avec chaque phénomène, de manière à les circonscrire dans des limites de plus en plus resserrées, et à rétrécir ainsi le champ des hypothèses.

Je me suis proposé ce but dans la plupart de mes travaux géologiques, et, en cherchant dans l'étude des faits généraux tous les moyens d'arriver à quelques idées préconçues sur les causes des phénomènes, je me suis appliqué à soumettre plus tard ces vues spéculatives au contrôle de l'expérience. C'est ainsi que chacune de mes observations géologiques a presque toujours une contre-partie expérimentale, de même que chaque fait constaté par l'expérience n'a été qu'un moyen d'induction pour aborder l'étude de quelque phénomène naturel.

Dans ces nouvelles recherches, j'ai étudié les conditions purement mécaniques de certaines particularités que présente la forme extérieure des roches dans les diverses régions du globe ; j'ai été ainsi conduit à les étendre à la formation des matériaux divers de désagrégation qui tiennent une place considérable dans l'écorce terrestre. Les questions qui se rattachent à cette formation pourraient, au premier abord, paraître tellement simples qu'il était superflu de les soumettre à un examen approfondi ; mais les phénomènes qu'on néglige, parce qu'ils paraissent trop connus, sont souvent ceux qui, en réalité, restent le plus longtemps obscurs.

La première partie de mon mémoire a pour but l'imitation expérimentale des surfaces polies et striées qui sont une conséquence du phénomène erratique. Dans la seconde, j'étudie les matériaux qui résultent de l'opération mécanique et les altérations chimiques qui s'y rattachent.

PREMIÈRE PARTIE. — *Imitation des surfaces polies et striées lors du phénomène erratique.*

Des études assez nombreuses de la surface du globe, telle que

la Scandinavie et l'Amérique boréale, doivent les derniers traits de leur modelé à des frottements énergiques, dont les traces sont souvent demeurées gravées en caractères ineffaçables à la surface du sol.

Quoique ces effets soient bien connus, j'en rappellerai brièvement ici les caractères essentiels (1).

Des sillons et des stries innombrables couvrent toutes les roches assez dures pour les recevoir et assez résistantes pour les conserver. Un même sillon se poursuit quelquefois sur 15 mètres et davantage, puis un autre lui succède. Les parois de ce sillon portent une multitude de stries, en général parallèles à celle de la cannelure principale; la largeur de celle-ci va quelquefois jusqu'à 50 centimètres. C'est surtout sur les surfaces faiblement inclinées que le phénomène se présente avec régularité. Cependant des surfaces verticales présentent quelquefois des sillons latéraux qui y ont été creusés horizontalement Quand une partie très dure, telle qu'un rognon de quartz, se rencontre sur la roche, elle est restée en saillie, et a même protégé en aval la surface voisine qui forme un bourrelet allongé dans le sens des stries, et vient ensuite se raccorder insensiblement avec la surface striée.

La configuration des proéminences de toute dimension, rochers, collines ou îles, est, en général, en relation évidente avec la cause qui a tracé les sillons. Ainsi les collines sont souvent arrondies, cannelées et striées d'un côté, tandis que les formes anguleuses du côté opposé contrastent de la manière la plus frappante avec la configuration adoucie du côté frotté. Ce type se reproduit aussi bien sur les aspérités étendues que sur les moindres proéminences.

Quant à la direction des sillons et des stries, elle est en général assez uniforme sur des surfaces faiblement ondulées, telles que la Suède et la Finlande, et le nord des États-Unis. Dans les régions montagneuses, telles que la Norvége, les Alpes, les Pyrénées, les Vosges, les traces de frottement divergent en général, comme les axes des vallées qui en rayonnent. Dans les Alpes, ces accidents s'élèvent jusqu'à 2500 mètres.

Le phénomène qui nous occupe, comme le transport des blocs erratiques qui s'y rattache, est l'un des plus remarquables de la géologie. Depuis longtemps l'objet d'observations de de Saussure, de Pallas et de Léopold de Buch, il a particulièrement attiré

(1) Voyez particulièrement le rapport de M. Élie de Beaumont sur le mémoire de M. Durocher, relatif au phénomène erratique du Nord (*Comptes rendus de l'Académie*, 17 janvier 1842).

l'attention pendant ces vingt-cinq dernières années. Malgré ces études, et quoique la période à laquelle appartient le phénomène soit bien rapprochée de nous, son origine n'est pas encore éclaircie. Des courants boueux chargés de pierres, des glaciers agissant sur de vastes étendues qui en sont aujourd'hui dépourvues, ou enfin des masses de glaces animées d'un mouvement rapide : tels sont les agents moteurs auxquels les géologues ont attribué le transport des matériaux solides qui ont labouré les roches et les ont couvertes de traits de burin.

Pour imiter autant que possible les conditions de la nature, j'ai fait frotter du sable, des galets et des fragments anguleux de roche sur une autre roche. Ces matériaux étaient pressés par un bloc de bois, et pouvaient marcher à des vitesses et sous des pressions variées. La masse à frotter était granitique comme les roches les plus dures; les matériaux frotteurs étaient quartzeux ou feldspathiques, comme ceux qui paraissent avoir été mis en jeu presque partout ; ils étaient donc à peu près de la même dureté que la masse sur laquelle ils devaient agir.

L'appareil dont je me suis d'abord servi a à peu près la disposition de celui qui a servi à Coulomb pour déterminer les lois du frottement. La plaque de granite à strier, longue de 80 centimètres et de forme plane, est maintenue horizontalement sur un châssis solidement établi. Des galets sont enchâssés dans un bloc de bois de charme. A ce bloc est fixée une corde qui s'étend horizontalement jusqu'à une poulie de renvoi, et qui supporte à son extrémité un plateau. Selon le poids dont on charge ce plateau, on peut donner au chariot des vitesses plus ou moins grandes. Au-dessous du bloc de bois est d'ailleurs fixé au moyen d'un étrier un second plateau en bois qui est destiné aussi à recevoir des poids et à régler la pression du frotteur.

Cette première disposition, qui exige beaucoup de place et un appareil particulier, peut être remplacée par la machine à raboter la fonte qui est ordinairement employée dans les ateliers de construction de machines. La plaque de granite, fixée à boulons sur la table de la machine, est entourée d'une auge en bois, de manière à pouvoir être maintenue humide. Les fragments de roche qui doivent strier sont pressés par une pièce de bois de forme carrée qui est adaptée au porte-outil. Cette pièce de bois ou *compresseur* entre à frottement doux dans un prisme creux en bois de même forme qui lui sert comme de gaîne, de telle sorte que les galets frotteurs sont maintenus et ne peuvent se soustraire à la pression. On charge le compresseur à volonté au moyen d'un

levier. Dans ce second appareil, la plaque à strier est mobile, tandis que le compresseur est fixe, ce qui est indifférent pour le résultat à atteindre. A l'aide d'une disposition assez simple, la vitesse pouvait varier, dans l'appareil mis en usage, de 1 à 83 centimètres par seconde.

Enfin, pour examiner plus exactement les conditions nécessaires au striage, j'ai encore fait agir des galets isolément, en les enchâssant dans le mandrin d'une machine à aléser, puis je les pressais par des poids variables. La vitesse du caillou pouvait, à l'aide de diverses combinaisons de roues dentées, varier dans des limites très étendues.

Avant d'indiquer les résultats obtenus, je m'empresse de faire remarquer que les valeurs numériques ne sont sans doute pas susceptibles d'une rigueur mathématique, et cela pour plusieurs motifs. D'abord, il y a nécessairement un certain arbitraire sur la force des stries dont on commence à tenir compte. Elles sont d'ailleurs plus ou moins facilement gravées, selon la forme du galet frotteur et selon le poli de la surface. En outre, en supposant connue la pression exercée sur la tête de chaque caillou, la pression correspondante au millimètre de contact est d'autant plus difficile à apprécier que la dimension de cette surface se modifie à chaque instant par l'usure. Enfin, la force d'inertie qui influe au commencement du mouvement est une cause de perturbation sensible, surtout si le trajet n'est pas très considérable.

Quoi qu'il en soit, il ressort des séries d'expériences qui ont été faites, et qui se contrôlent mutuellement, des résultats qui méritent d'etre signalés.

A l'aide des deux premiers appareils, je suis arrivé à imiter, jusque dans leurs moindres particularités, les surfaces cannelées et striées par le phénomène erratique. Il n'est pas nécessaire pour cela de recourir à des pressions ni à des vitesses très considérables.

Les deux éléments, c'est-à-dire la pression exercée sur les galets frotteurs, et la vitesse à imprimer à ces galets pour qu'ils *commencent* à buriner des stries bien distinctes, varient en sens inverse l'un de l'autre. J'ai constaté ce fait en faisant varier les vitesses de $0^{mm},0025$ à $2^{m}.50$ par seconde, c'est-à dire dans le rapport de 1 à 1,000,000. Ainsi, par exemple, quand la vitesse est inférieure à 0,1 de millimètre, la pression exercée sur un caillou arrondi doit être au moins de 100 kilogrammes, tandis que le même caillou, avec une vitesse de 40 millimètres, c'est-à-dire 400 fois plus grande, n'a plus besoin que d'une pression de 5 kilogrammes. La vitesse plus ou moins grande d'un coup de rabot paraît avoir

des influences semblables sur la force des copeaux qu'il enlève.

Si l'on porte les deux valeurs comme abscisses et comme ordonnées sur deux axes rectangulaires, et que l'on cherche à réunir les points ainsi déterminés, la courbe obtenue rappelle une branche d'hyperbole qui aurait pour asymptotes les axes de coordonnées.

Quand on augmente la vitesse ou la pression, ou ces deux valeurs simultanément, les stries obtenues deviennent plus profondes et plus larges, à moins toutefois que la pression ne soit assez grande pour écraser les fragments. Ainsi la courbe, il faut bien le remarquer, ne représente que les *limites inférieures* de ces deux éléments.

A chaque instant de leur mouvement, les galets frotteurs subissent eux-mêmes des changements. On les voit s'user avec rapidité et souvent s'écraser sur leurs angles, de telle sorte que si l'appareil permet aux fragments de tourner sur eux-mêmes, d'anguleux qu'ils étaient d'abord, ils s'arrondissent bientôt. Il suffit souvent d'un parcours de quelques dizaines de mètres pour qu'ils se transforment en véritables galets; il se forme en outre du sable de forme anguleuse.

Par suite de cette modification incessante, l'entaille que le fragment de roche sculpte sur la plaque change lui-même continuellement de caractère. Avant d'être fortement émoussé, le galet trace une strie, tandis qu'après s'être aplati ou s'être faiblement déplacé, il creuse un sillon dont le rayon de courbure est en rapport avec la forme du fragment. Ainsi un même galet produit successivement des stries et des sillons, chacune de ces variétés d'entailles ne pouvant s'étendre sur quelques mètres sans changer de caractère. D'ailleurs, de nouveaux fragments suivent et viennent graver, sur les sillons laissés par leurs devanciers, des stries qui seront effacées à leur tour.

On a souvent attribué les stries à l'action du sable ; on voit par l'expérience qu'elles peuvent être tracées par les galets, et qu'elles le sont même bien plus facilement par des fragments d'une certaine grosseur que par le sable proprement dit, car celui-ci s'écrase facilement, s'il est maintenu dans le corps pressant avec une fixité suffisante.

Non-seulement des matériaux de même dureté mordent parfaitement l'un sur l'autre, comme nous venons de le voir, mais une roche relativement molle peut strier une roche dure, si elle est animée d'une vitesse suffisante. Du calcaire lithographique bien pur, doué d'une vitesse de 40 centimètres par seconde et pressé

seulement à raison de 35 kilogrammes par millimètre carré, peut très nettement strier sur le granite. Ces stries, tout en étant parfaitement distinctes, sont plus fines que dans le premier cas ; la plaque striée prend en même temps un certain poli dû à l'action de la poussière fine qui travaille à côté des fragments anguleux du calcaire.

On voit donc que l'action des matériaux les uns sur les autres ne dépend pas seulement de la dureté, mais aussi de leur vitesse.

Au lieu de presser sur les cailloux par l'intermédiaire d'une pièce de bois, on peut se servir de la même manière d'un bloc de glace (eau congelée). Bien que la glace soit souvent bulleuse et un peu compressible, elle force, sans s'écraser, les galets à tracer des stries.

Si les galets, au lieu d'être pressés au moyen d'un corps solide, sont soumis *sans intermédiaire* à la pression d'une masse pâteuse, telle que de l'argile humide, l'effet obtenu est tout différent de ceux que nous venons de signaler. Au premier instant que le galet est en contact avec la roche, il peut encore entamer un commencement de strie ; mais, n'étant plus forcément maintenu contre l'obstacle à vaincre, il ne peut prolonger son entaille : il est en général immédiatement refoulé à distance dans l'intérieur de la masse pâteuse, où il reste noyé et inactif ; si l'argile est suffisamment délayée, il roule sans avoir la force suffisante pour pénétrer.

Je ne prétends nullement que, dans des conditions autres que celles que j'ai réalisées, on ne produise pas de stries. Si les galets, au lieu de former un lit mince à la base de la masse pâteuse, étaient accumulés sur une assez grande épaisseur pour se serrer et se caler les uns les autres, peut-être en obtiendrait-on des effets voisins de ceux que produisent les corps solides. Je ne voudrais pas aller au delà des résultats immédiats de mes expériences.

J'ajouterai encore que les stries, dues à l'action immédiate du caillou, sont en général rugueuses et comme déchirées ; mais les poussières fines résultant de la trituration et les masses molles, telles que la glace, qui viennent superposer leur action, adoucissent et polissent les surfaces primitives, comme dans le travail artificiel du marbrier ou du lapidaire le dégrossissage est souvent suivi d'un polissage.

Quand des cailloux sont enchâssés dans une masse solide, telle que la glace, de manière à faire saillie, la pression qui s'exerce sur eux peut être égale à une partie très notable, ou même à la totalité du poids de la masse supérieure, selon la manière dont ce dernier poids se répartit sur les points d'appui. C'est ainsi que j'ai

observé des stries fort nettes tracées sur un quartz très dur par l'action des meules qui servent à broyer le même minéral à la fabrique de cailloutage de Sarreguemines, bien que ces meules n'aient qu'une épaisseur de 28 centimètres (la vitesse des morceaux de quartz qui strient est d'environ 1m,30 par seconde). Par le même motif, des blocs de glace, lors même qu'ils sont de faible épaisseur, portant sur la roche par l'intermédiaire de quelques cailloux, peuvent aussi facilement strier cette roche.

DEUXIÈME PARTIE. — *Matériaux résultant des actions mécaniques dans les eaux : galets, sables de diverses origines et limon.*

Rien ne paraît plus simple et mieux connu que l'histoire des galets, des sables et du limon ; nous les foulons de toutes parts sous nos pieds, et, à l'état incohérent ou agglutiné, ils occupent un large développement dans la série des terrains stratifiés. Cependant, à part quelques faits généraux, la formation de ces matériaux est loin d'être réellement éclaircie.

Bien que le lit des torrents et des fleuves, et surtout le littoral des mers, nous offrent continuellement en activité le phénomène de l'usure mutuelle des roches en mouvement dans les eaux, l'observation directe ne suffit pas pour en apprécier toutes les circonstances. Nous ne pouvons suivre la manière et la rapidité avec laquelle les fragments anguleux s'arrondissent et diminuent graduellement sous les frottements et les chocs. Les sables et les limons qui résultent de ces actions incessantes sont immédiatement triés et emportés par les eaux, sans qu'on puisse en étudier les caractères. D'ailleurs, il serait souvent impossible de distinguer les sables formés journellement de ceux qui préexistaient dans le lit du fleuve ou sur la plage, et qui proviennent tout simplement du remaniement d'anciens dépôts.

Il n'est pas toutefois besoin d'un examen bien attentif pour reconnaître que les innombrables variétés de sable appartiennent à plusieurs types distincts ; la connaissance des conditions dans lesquelles chacun de ces types s'est produit éclaircirait l'histoire des terrains sédimentaires et la géographie physique des anciennes mers qui n'ont cessé de travailler à démolir l'écorce solide du globe.

J'ai donc cherché depuis longtemps, à l'aide d'une série d'expériences directes, le moyen de combler les lacunes que présente nécessairement l'observation du phénomène naturel. Lors même qu'on ne l'imiterait pas dans toute sa complexité, on peut certainement en préciser diverses circonstances en les isolant.

Les mouvements principaux des galets dans la nature peuvent être imités avec assez de fidélité, au point de vue des frottements et des chocs qu'ils subissent, au moyen de quelques appareils mécaniques peu compliqués. L'un des plus faciles à employer consiste en un cylindre horizontal dans lequel les matériaux sont placés avec de l'eau, et auquel on donne un mouvement de rotation autour de son axe (1). Cette vitesse peut varier à volonté; j'ai adopté, dans la plupart des expériences dont je rends compte, un mouvement de translation de $0^m,80$ à 1 mètre par seconde.

Si l'on place dans cet appareil des fragments anguleux de roches, ils se transforment bientôt en galets et sable et en limon.

J'ai opéré de préférence sur les roches les plus dures et les plus répandues dans les terrains détritiques, sur le granite commun et sur le quartz. Des fragments anguleux de l'une ou de l'autre roche, de la grosseur d'un poing à celle d'une noisette, étant mis en mouvement dans les conditions dont nous venons de parler, ils s'arrondissent rapidement. Après un trajet de 25 kilomètres seulement, les angles sont parfaitement arrondis, et les galets obtenus ne peuvent être distingués des galets naturels, ni pour les formes ni pour l'aspect.

Comme il est facile de le comprendre, l'usure se fait avec rapidité tant qu'elle peut s'attaquer à des contours anguleux; mais elle décroît à mesure que les arêtes s'émoussent davantage. Une fois que les fragments sont tout à fait arrondis, ils ne s'amoindrissent plus qu'avec une lenteur excessive, à moins toutefois qu'ils ne se concassent par le choc. Ce dernier cas arrive assez fréquemment aux plus petits, ainsi qu'on le constate facilement en comptant les galets à diverses époques de leur parcours.

Par quelques expériences, j'ai constaté que, pour les 25 premiers kilomètres parcourus, des fragments anguleux de granite ont perdu 4/10 de leur poids, tandis que, pour le même parcours, des fragments, déjà complétement arrondis, n'ont plus perdu que 1/100 à 1/400, c'est-à-dire 4/1000 à 1/1000 par kilomètre (2).

---

(1) Il faut un cylindre facile à ouvrir et qui cependant retienne bien l'eau.

(2) On a remarqué en général dans les cours d'eau que les galets vont en décroissant de la source à l'embouchure. Cette diminution n'est pas due seulement à l'usure, comme nos expériences le prouvent. J'ai étudié le mécanisme qui l'a produite au moyen d'une lunette de 2 mètres qui plongeait dans le Rhin, et permettait d'en examiner le fond. On voyait de temps en temps du sable, de petits galets entraînés,

Le principal produit de l'action mutuelle des fragments de roche solide qui s'usent dans le sein des eaux n'est pas du sable, comme on l'a souvent prétendu, mais du limon.

Ce limon est en général impalpable, et d'une ténuité telle qu'il reste plusieurs jours en suspension dans l'eau; il est très plastique. Par la dessiccation, il se prend en masses si solides qu'on ne peut toujours le briser sans l'aide d'un marteau. Il ressemble ordinairement beaucoup aux argiles schisteuses du terrain houiller, et, quand il provient de la destruction du granite, il est parsemé de petites lamelles de mica, comme ces dernières. On ne saurait d'ailleurs distinguer ce résidu de l'usure artificielle des granites de celui qui s'accumule journellement sur une partie du littoral de la Norvége.

La désagrégation mécanique n'est pas le seul phénomène. En effet, en mettant en mouvement, dans de l'eau pure, des fragments de granite qui ne présentaient aucun indice d'altération, j'ai constaté qu'après quelques dizaines d'heures, cette eau se charge, même à froid, d'une quantité très notable de silicate de potasse. Après un parcours de 160 kilomètres, 3 kilogrammes de granite ont donné 3gr3 de sels solubles, consistant principalement en silicate de potasse.

Ce phénomène est analogue à divers faits déjà constatés par Vauquelin, MM. Chevreul, Becquerel et Pelouze. Il a d'ailleurs, au point de vue géologique et agricole, des conséquences sur lesquelles je crois hors de propos d'insister ici.

D'un autre côté, le limon de trituration paraît avoir fixé une certaine quantité d'eau, ce qui porterait à conclure qu'elle est entrée dans quelque combinaison nouvelle comparable aux argiles. Ce qui domine cependant dans cette boue plastique, ce sont les anciens éléments du granite; car elle reste fusible au chalumeau. Elle rappelle complétement, par toutes ses propriétés, certains phyllades ou schistes de transition, dont la composition moyenne est, d'après M. Bischof (1), la même que celle des granites. Ces phyllades pourraient donc bien n'être, pour la plupart, que de la boue granitique.

---

parcourir un trajet de quelques décimètres; puis un gros galet ainsi déchaussé s'ébranlait à son tour, mais, franchissant seulement quelques centimètres, il se trouvait ainsi en retard sur ceux qui l'avaient devancé. Un tel triage, constamment répété, finira nécessairement par produire le classement des galets par ordre de grosseur, tel qu'on l'observe dans toutes les vallées.

(1) Bischof, *Lehrbuch der chemische Geologie*, t. II.

Il existe des argiles qui présentent d'autres caractères que ces limons feldspathiques. Il faut donc reconnaître une différence entre ces produits du frottement et les argiles infusibles. Ces dernières paraissent résulter d'une décomposition profonde des silicates; Ebelmen l'a depuis longtemps démontré.

Outre le limon, il se produit encore, dans la trituration des roches quartzeuses, du sable proprement dit.

Malgré les chocs violents qui résultent d'une vitesse comparable à celle des vagues les plus rapides, les éléments du granite ordinaire n'éprouvent jamais une simple désagrégation, à moins que le feldspath ne soit en décomposition préalable. Le tout se pulvérise, et le peu de sable qui se forme en même temps que le limon est toujours très fin. Les fragments les plus gros n'ont jamais dépassé le grain des sables de Fontainebleau; leur diamètre n'atteint pas un quart de millimètre.

Les grains de ce sable artificiel ne sont arrondis qu'accidentellement. On reconnaît sous la loupe qu'ils sont entièrement composés de quartz en fragments anguleux, entremêlé de quelques paillettes de mica.

Le feldspath a disparu à peu près entièrement, quoiqu'il domine de beaucoup dans la roche granitique. Il est entièrement passé dans le limon, et cette circonstance s'explique parfaitement par la facilité de ces clivages, et par la réaction chimique qu'il exerce sur l'eau dans cet état de division extrême.

Il en est de même sur les falaises où une roche granitique altérée est soumise à la trituration des vagues; elle ne fournit qu'un sable quartzeux, pauvre en feldspath.

C'est par le même motif qu'en dehors des grès arkoses qui ont, pour ainsi dire, été formés sur place, les grès à débris feldspathiques sont rares. Cette circonstance peut faire supposer que certains grès quartzeux et micacés, à grains anguleux, sont un produit de la trituration granitique (1).

Puisque des sables grossiers ne peuvent résulter de la trituration du granite et des roches quartzeuses, il faut chercher ailleurs leur origine.

Quand les roches, au lieu de se broyer dans le choc mutuel des galets agités par l'eau, s'écrasent sous la pression des glaciers, elles produisent aussi du sable, mais il est composé de débris anguleux irréguliers de toute grosseur. Ils sont continuellement

(1) Dans les mêmes circonstances, le calcaire fournirait uniquement du limon; aussi ne connaît-on pas de sable purement calcaire.

entraînés et rejetés par le torrent qui sort du glacier et qui en fait le triage.

Le quartz y prédomine, il y est souvent accompagné de mica (ou de chlorite dans les Alpes); mais le feldspath y est aussi d'une extrême rareté; par conséquent, il doit disparaître dans cette opération par des causes du même genre que dans les sables d'origine aqueuse.

Je rappellerai d'ailleurs ici que j'ai obtenu des sables tout à fait comparables aux sables des glaciers par leur irrégularité, quand j'ai, à la manière des glaciers, opéré la trituration des roches par pression et par frottement.

Bien que les glaciers occupent une faible partie de la surface du globe, la quantité de débris de toute dimension, produite par leur action triturante, ne laisse pas que d'être considérable.

Ainsi, le seul glacier de l'Aar, qui, avec ses affluents, n'a qu'une surface de 10 kilomètres carrés, fournit par jour, d'après les observations de M. Dollfus-Ausset, 100 mètres cubes de sable qui est emporté par le torrent (1). L'*ablation* des vallées par les glaciers paraît donc bien supérieure à celle que produisent la plupart des cours d'eau, à égale superficie du bassin. Aussi les glaciers des régions polaires doivent-ils fournir journellement d'énormes volumes de sable que les courants, provenant de la fusion des glaces, vont porter dans toutes les régions de l'Océan et jusque sous l'équateur. Depuis qu'il existe des glaciers, les mers reçoivent des quantités considérables de sable formé par ce second procédé.

Quand le granite se décompose et se désagrége *sur place*, son quartz s'isole en petits fragments. Ces fragments sont anguleux, de forme tout à fait irrégulière, sans indice de faces cristallines. Cette irrégularité résulte des tressaillements qui divisent le quartz, même dans les granites vierges.

Toute roche quartzeuse qui se désagrége peut également donner lieu à l'isolement de petits fragments de diverses dimensions.

L'aspect de beaucoup d'arkoses de la Bourgogne, de l'Auvergne et d'autres contrées participe aux caractères dont nous venons de parler. Le quartz y est anguleux; il est d'ailleurs entremêlé d'une quantité variable de feldspath plus ou moins altéré et de mica. Il résulte visiblement d'un simple remaniement par l'eau de l'arène granitique, sans chocs ni frottements. Il est d'ailleurs

(1) Collomb, *Mémoire sur les glaciers actuels* (*Annales des mines*, 5e série, t. XI, p. 198).

difficile de distinguer, dans la plupart de ces roches, la part de la formation arénacée et de la formation chimique.

Le quartz des granites n'est pas toujours transparent; quelquefois il est comme enfumé et faiblement translucide, quand on l'examine en gros grains. Ce défaut de transparence du quartz n'est souvent que le résultat des petites fissures qui le traversent; car, réduit en poussière, il devient tout à fait translucide. C'est parce qu'on n'a pas tenu compte de cette circonstance que l'on a souvent été induit en erreur, en croyant que le quartz de certains sables fins, d'une limpidité parfaite, ne pouvait pas provenir de la destruction de roches granitiques (1).

Il résulte de ce qui précède que les mêmes roches peuvent fournir des sables dont les caractères sont tout opposés, suivant que leur décomposition a été ou non accompagnée de trituration.

Outre les trois sortes de sables détritiques dont nous venons de nous occuper, il en est d'autres tout différents : ce sont les sables cristallisés.

Toute forme cristalline est la preuve d'une dissolution et d'une formation chimique : l'origine de ces sables ne saurait donc être douteuse; mais il n'est pas moins évident qu'il ne faut pas confondre avec eux, comme l'ont fait divers auteurs, les sables à grains fragmentaires qui se rapportent, je l'ai fait voir, à des formations détritiques. Je réserverai le nom de *sable cristallisé* à ceux dont chaque grain est un cristal complet, un fragment de cristal ou une druse globulaire de cristaux.

Le meilleur exemple que l'on puisse citer des sables cristallisés est sans doute la formation du grès des Vosges et du grès bigarré.

Depuis longtemps, M. Élie de Beaumont a signalé dans le premier des grains à facettes cristallines (2). Le plus souvent, ce sont des globules hérissés de nombreux pointements et rappelant certains rognons de pyrite (3). On y trouve aussi des cristaux complets aussi nets que les *hyacinthes de Compostelle*. Les arêtes des cristaux sont vives et sans trace d'usure.

Aucune roche connue ne produirait un pareil sable par sa désagrégation; il est d'ailleurs d'autres preuves de son origine

---

(1) Gerhard, *Abhandlung. der Berliner Akademie*, années 1816 et 1817.

(2) *Observations géologiques sur les différentes formations qui séparent la formation houillère de celle du lias* (*Annales des mines*, 2e série, t. I, p. 406).

(3) *Description géologique du Bas-Rhin*, p. 90.

chimique. On y trouve continuellement des galets partiellement incrustés de quartz cristallisé ; ce quartz est ordinairement accumulé à leur surface supérieure, tandis que le bas est resté lisse.

La précipitation du sable cristallisé n'est point accidentelle, quoiqu'elle ne se rencontre pas dans beaucoup de formations géologiques. Elle tient, dans quelques-unes d'entre elles, une place importante. Ainsi, on en rencontre presque partout des exemples dans la chaîne des Vosges, en France et dans le Palatinat, ainsi que dans la Forêt-Noire. M. Hoffmann signale un grès semblable aux environs de Eisleben, et M. Gutberlet le long des montagnes du Rhön, près Fulda. Le grès bigarré de Commern, si abondamment imprégné de galène, est souvent presque entièrement cristallisé.

Ce dépôt chimique se retrouve donc partout dans une formation de l'Europe centrale qui n'occupe pas moins de 150,000 kilomètres carrés, et atteint parfois une épaisseur de 400 mètres.

La silice en dissolution dans les eaux peut sans doute en être précipitée par des réactions diverses que nous connaîtrons un jour ; mais une précipitation à la fois aussi étendue et aussi exceptionnelle que celle du grès des Vosges doit se lier à des phénomènes géologiques particuliers.

On sait que pendant la période permienne il s'est épanché dans la mer de puissantes nappes de porphyre feldspathique. Dans une grande partie de son étendue, ce porphyre contemporain du grès rouge est à l'état terreux, ce qui lui a valu en Allemagne le nom de *Thonporphyr*. Les cristaux de feldspath et la pâte feldspathique elle-même sont en effet réduits à l'état de kaolin.

Selon toute probabilité, la décomposition qui a privé le porphyre de silicate alcalin s'est produite avant que la roche fût complétement refroidie. Cette solution du silicate alcalin, produite aux dépens de la roche, a pu, en s'épanchant dans la mer, y précipiter du quartz, exactement comme dans les expériences où j'ai produit le quartz en cristaux au moyen du silicate emprunté au verre ou à l'eau de Plombières.

Une autre observation est tout à fait à l'appui de l'explication que je viens d'émettre. J'ai en effet constaté dans les Vosges que les couches arénacées antérieures au porphyre ne renferment pas de sables cristallisés, tandis que le caractère cristallin est éminemment prononcé dans les couches du grès des Vosges qui sont superposées aux épanchements porphyriques. La date à laquelle le sable cristallisé a commencé à se former n'est donc plus douteuse ; elle coïncide bien ici avec l'apparition du porphyre.

D'autres contrées nous montrent une semblable relation des sables cristallisés avec les porphyres. M. Crosnier, en effet, a cité une formation de grès et de sables parfaitement cristallisés au Pérou, où ils se trouvent encore associés à des tufs porphyriques (1).

Ainsi la formation de certains grands horizons de sables cristallisés paraît bien être en relation intime avec des dislocations du sol, des épanchements de roche éruptive ou des filons. L'arrivée des minéraux métallifères dans la couche de schiste cuivreux, sur toute la largeur de l'Allemagne, dans les grès de la principauté de Waldeck, où l'on exploite également le cuivre, ou enfin la pénétration de la galène dans le grès bigarré des environs de Commern, paraissent être des phénomènes en connexion avec celui dont nous venons de nous occuper; ils se lient en même temps aussi au remplissage des filons.

Je n'affirmerai pas toutefois que l'existence d'un sable ou d'un grès cristallisé ait forcément pour cause le voisinage d'un porphyre ou d'une roche éruptive. Il ne faut pas, quand il s'agit de faits aussi complexes que les phénomènes géologiques, généraliser prématurément. Or on trouve, dans les terrains tertiaires du bassin de Paris et de l'Allemagne, des gisements de sable parfaitement cristallisé, sans qu'on puisse préciser les phénomènes d'éruption auxquels ils doivent être immédiatement attribués.

Le quartz de certains sables a entraîné en se déposant, et en mélange intime, du peroxyde de fer qui fournit une notion sur la température à laquelle les sables se sont formés. Dans le grès des Vosges, dont chaque grain est coloré en rose, la précipitation du quartz s'est faite dans les conditions de température où le peroxyde de fer devient anhydre. Il s'est au contraire précipité à l'état d'hydrate dans les sables tertiaires des environs de Düsseldorf; son quartz est en effet teint en jaune d'ocre, aussi bien que dans les gîtes de minerai de fer pisolithique de Saint-Pancré et d'Aumetz (Moselle). La température de la formation de ces derniers sables était donc nécessairement peu élevée. Nous n'avons pas d'ailleurs besoin de rappeler les fossiles animaux, les bois, les silex que l'on rencontre tapissés de quartz dans toutes les formations géologiques, et dans des conditions où il est impossible de supposer une élévation de température.

Le sable précipité par voie chimique n'est pas nécessairement cristallisé. Dans les géodes quartzeuses du calcaire grossier, on trouve des globules de calcédoine, parfaitement arrondis, qui ont

(1) *Annales des mines*, 5e série, t. II, p. 5 et 74.

été formés chimiquement tout aussi bien que les petits cristaux qui les accompagnent, et auxquels ils passent quelquefois par des aspects intermédiaires. Ils rappellent les globules de geysérite observés par M. Descloiseaux dans les sources bouillantes de l'Islande. Certains sables formés de grains calcédonieux, à surface brillante, et n'agissant pas sur la lumière polarisée, peuvent être des précipités chimiques. J'en ai reconnu de ce genre dans les couches du minerai de fer oolithique du lias supérieur des environs de Longwy (Moselle). Il en existe aussi dans les sables du grès vert (1), où une autre partie de la silice s'est combinée dans la glauconie.

Quelquefois même la silice s'est précipitée amorphe. La silice soluble dans la potasse, que M. Sauvage a observée dans le grès vert (gaize) des Ardennes, en est un exemple (2).

J'ai dit plus haut que, dans la trituration des roches, il se formait des sables fins et anguleux, et je n'ai cité de sables à grains globulaires qu'en leur attribuant une origine chimique.

Je me suis cependant convaincu qu'il se forme, dans des conditions spéciales, quoique assez fréquentes, des sables dont les grains ont été complétement arrondis par un procédé mécanique.

Dans ce cas, chaque grain de sable s'arrondit graduellement sur d'autres grains de même dimension, exactement comme les galets s'arrondissent entre eux; mais il faut pour cela que ces grains soient tous assez gros pour ne pas flotter en suspension dans l'eau, et assez fins pour suivre le mouvement du liquide.

La dimension des grains qui peuvent flotter en suspension dans l'eau très faiblement agitée paraît être d'environ 1/10 de millimètre de diamètre moyen. Tout sable plus fin sera donc anguleux.

D'un autre côté, un courant ou une vague, dont la vitesse sera capable d'enlever ou de faire frotter un grain de 1/10 de millimètre, et qui, par conséquent, respectera sa forme, pourra faire, au contraire, frotter et user les grains plus volumineux; il les transformera alors lentement en sable globulaire.

J'ai vérifié ces faits par l'expérience; j'ai reconnu, par exemple, qu'avec un diamètre de 5/10 de millimètre, et un mouvement de 1 mètre par seconde, le sable pouvait s'arrondir, et perdre par kilomètre environ 1/10000 de son poids. Cette perte si minime,

---

(1) M. Schafhaütl a déjà fait cette observation pour certains sables de grès vert des Alpes bavaroises (*Jahrbuch für Mineralogie*, 1846, p. 648).

(2) *Statistique des Ardennes*, p. 369.

malgré l'étendue des surfaces frottantes, tient à ce que la pression mutuelle est très faible, à cause de la petitesse du poids de chaque grain.

Avec une plus grande vitesse, ce sable eût nagé dans l'eau ; sa forme eût été respectée, et il n'aurait rien perdu de son poids.

Ces circonstances se retrouvent dans la nature, de sorte que nous pouvons rencontrer, à grosseur égale, des sables arrondis et des sables anguleux. Tout dépend du mouvement du milieu dans lequel ils sont formés. La limite des sables, comparée à leur grosseur, fournit donc une indication précise de leurs conditions originelles.

D'après les observations qui précèdent, les grains de sable balancés par les vagues tendent à une dimension *limite ;* cette dimension *minima*, pour des matériaux de même densité, dépend de la vitesse de l'eau dans laquelle ils se sont usés ; de là ces grès formés de grains arrondis, d'une uniformité de grosseur si frappante.

C'est une cause inverse de celle qui assigne une limite supérieure aux pisolithes de calcaire précipités par les sources thermales de Carlsbad. Ces *dragées*, comme on les désigne, sont d'abord agitées dans le bassin, par suite s'incrustent et grossissent, tant que leur poids ne les condamne pas à l'immobilité.

Il est évident que ces résultats seront complétement modifiés par la densité des matières, puisque, toutes choses égales d'ailleurs, les plus denses tombent au fond, quand les plus légères sont déjà susceptibles de flotter. Cette observation n'est pas applicable aux sables les plus répandus dans la mer et dans les terrains stratifiés, où le quartz est le plus souvent seul. Le feldspath, dont il est accidentellement accompagné, a d'ailleurs, à très peu près, la même pesanteur spécifique. Il n'en est pas de même des sables, des alluvions gemmifères et métallifères, dont les grains sont de densité variée. Dans ce dernier gisement, les matières les plus lourdes, comme le grenat, le fer titané, l'étain oxydé, sont, à dureté égale, plus fortement usées que les matières pierreuses ; il en est de même des menues pépites d'or et de platine.

La dimension des fragments de ces divers minéraux est d'ailleurs généralement aussi en relation avec leur degré d'usure, tout aussi bien que dans les sables et les galets quartzeux. Les petits saphyrs de Ceylan ont souvent conservé toute la fraîcheur de leurs arêtes, tandis que les gros cristaux des mêmes alluvions sont ordinairement tout à fait frustes.

Toutes les observations que nous venons de faire nous expliqueront diverses circonstances, en apparence contradictoires, que

l'on rencontre à chaque pas dans les sables de formation contemporaine et dans ceux des terrains sédimentaires. Les applications qui en dérivent sont maintenant aussi faciles qu'elles sont nombreuses; aussi je crois inutile de m'étendre sur ce sujet.

J'ai constaté, dans mes expériences, que le sable qui provient de la trituration du granite était anguleux, et reste indéfiniment tel.

Il en est de même dans les cours d'eau ; car les sables anguleux, que les glaciers de l'Aar envoient à cette rivière, arrivent à Meyringen, après avoir tourbillonné dans de nombreuses cascades, tout aussi anguleux qu'à leur point de départ. Charriés dans le Rhin, ils ne sont pas plus arrondis à 300 kilomètres de distance de cette dernière localité. Pendant les mois de juillet et d'août, époque de la fonte principale des glaces, ils donnent encore aux eaux du fleuve, à la hauteur de Strasbourg, la teinte laiteuse bien connue de tous ceux qui ont observé les torrents sortant des glaciers. En filtrant plusieurs hectolitres de cette eau, j'ai constaté que la cause de sa coloration était non du limon, mais du sable en grains anguleux d'environ 1/20 de millimètre, et qui entre pour 2/100000 du poids total.

Sur une partie des côtes de la Manche, les sables sont formés de silex concassés. On n'y remarque aucune transition du galet arrondi, de la dimension d'une noisette ou plus gros, au sable anguleux. Tous les intermédiaires disparaissent brisés sous l'action des vagues, par le choc des plus gros, jusqu'à ce qu'ils aient atteint l'état limite où leurs débris flottants ne peuvent plus recevoir de chocs, ni modifier leur forme par le frottement.

Pareilles circonstances ont dû se produire dans toutes les périodes géologiques, et former l'espèce de triage qui a étalé sur d'immenses étendues des sables à grains égaux et toujours anguleux. Il nous suffira de citer, comme exemples, le grès houiller de l'Angleterre et de la Belgique, le grès du lias de l'ouest de l'Europe, le grès mollasse qui borde toute la chaîne des Alpes, le grès des Karpathes.

Les faits exposés dans la seconde partie de ce mémoire apprennent que chaque sable porte en lui-même une sorte de signalement de son origine et des conditions premières de sa formation. Leur examen peut donc nous offrir un instrument nouveau pour étudier plus profondément les circonstances physiques où se sont formés les terrains stratifiés à toutes les époques.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Ébray :

Note sur l'existence de plaques complémentaires dans le genre Collyrites, par M. Th. Ébray.

On sait que la plupart des Échinides ont un appareil apicial composé de cinq plaques génitales et de cinq plaques ocellaires. Les premières supportent ou défendent les organes génitaux ; les secondes, suivant quelques auteurs, sont destinées à soutenir ou à défendre les organes de la vision. Cependant presque toutes les familles du sous-ordre des Échinides irréguliers, et spécialement les espèces appartenant aux familles des *Collyritidæ*, des *Spatangidæ*, des *Echinobrissidæ* et des *Echinoconidæ*, ont un appareil apicial composé de quatre plaques génitales et de cinq plaques ocellaires.

Dans certaines familles seulement, chez lesquelles l'appareil apicial est facile à observer (les *Echinoconidæ* et les *Echinobrissidæ*), on a découvert, à la place de la plaque génitale postérieure, une plaque non perforée, à laquelle on a donné le nom de *plaque complémentaire*.

Cette plaque, qui complète la symétrie du fossile, ne paraît pas avoir d'autre importance, et n'a pas été observée jusqu'à ce jour dans la famille des *Collyritidæ*.

Les recherches géologiques dont je m'occupe m'ont conduit à étudier les Échinides du département de la Nièvre, et j'ai eu la satisfaction de faire sur ces animaux quelques observations nouvelles, parmi lesquelles la découverte de l'existence d'une plaque complémentaire, dans certaines espèces du genre *Collyrites*, me paraît assez importante pour me permettre de la communiquer à la Société géologique.

La structure de l'appareil apicial, la forme et la position de la bouche et de l'anus, la forme et la disposition des ambulacres, forment les principaux caractères différentiels des familles et des genres. On ne saurait donc apporter trop de soins à l'étude de ces caractères, qui souvent se trouvent dérobés à l'observateur par les accidents qui résultent de la fossilisation.

Je décrirai dans cette note quelques appareils d'une nouvelle espèce de *Collyrites* de l'étage bathonien. Cette espèce, que j'ai désignée sous le nom de *Collyrites nivernensis* dans la description géologique des sources de la ville de Nevers, m'a permis d'étudier avec facilité les sutures, souvent peu apparentes, des plaques apiciales.

Le *Collyrites nivernensis* est assez commun dans les parties supérieures de l'étage bathonien, au-dessous des argiles calloviennes, et par conséquent bien au-dessous des calcaires compactes des carrières de Nevers et du calcaire à chailles qui correspond, ainsi que la couche argileuse, à l'étage callovien d'Alc. d'Orbigny.

Le *Collyrites nivernensis* se rapproche du *Collyrites ellipticus* par la position du point de réunion des ambulacres postérieurs au-dessus de l'anus ; mais sa forme élevée et ses contours arrondis le distingueront facilement du *Collyrites ellipticus* qui occupe, comme on le sait, un niveau bien supérieur.

Échantillon n° 4.

Plaque ocellaire antérieure. — Forme pentagonale, aiguë vers la région postérieure, tronquée à la région antérieure où l'ambulacre vient se terminer, sans pore bien apparent.

Plaque génitale droite antérieure. — Forme hexagonale; le pore génital occupe la pointe; protubérance madréporiforme très marquée.

Plaque génitale gauche antérieure. — Forme heptagonale; pore génital très apparent et entouré d'un léger bourrelet.

Plaque ocellaire médiane, gauche. — Forme hexagonale.

Plaque complémentaire. — Forme pentagonale, entourée des plaques ocellaires médianes et des plaques génitales postérieures.

Plaque ocellaire médiane, droite. — Forme hexagonale.

Plaque génitale postérieure, gauche. — Irrégulièrement hexagonale, avec un côté très flexueux.

Plaque génitale de droite, postérieure. — Irrégulièrement pentagonale, avec un côté très flexueux.

Il résulte de ces descriptions partielles que l'appareil apicial a la forme représentée par la figure 1.

Fig. 1.

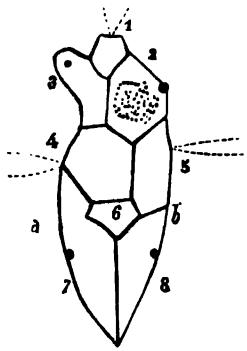
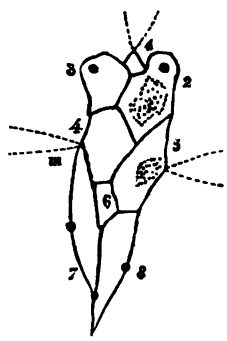


Fig. 2



1. Plaque ocellaire antérieure.
2. Plaque génitale madréporiforme.
3. Plaque génitale antérieure gauche.
4. Plaque ocellaire médiane gauche.
5. Plaque ocellaire médiane droite.
6. Plaque complémentaire.
7, 8. Plaques génitales postérieures.

Les sutures antérieures *a* et *b* ne sont pas bien apparentes.
Le point sutural *m* n'est pas bien apparent.

Échantillon n° 6.

1. *Plaque ocellaire buccale.* — Les sutures ne sont pas apparentes.
2. *Plaque génitale de droite.* — Irrégulièrement hexagonale; protubérance madréporiforme très marquée; cette protubérance se propage sur la plaque ocellaire de droite; pore très marqué, entouré d'un bourrelet.
3. *Plaque génitale de gauche.* — Irrégulièrement pentagonale.
4. *Plaque ocellaire médiane, gauche.* — Heptagonale.
5. *Plaque ocellaire de droite.* — Hexagonale.
6. *Plaque complémentaire.* — La plaque complémentaire, comme dans l'individu précédent, est entourée des plaques ocellaires médianes et des plaques génitales postérieures; elle est quadrangulaire et allongée dans le sens de la longueur du fossile.

7 à 8. *Plaques génitales postérieures.* — Les plaques sont irrégulièrement heptagonales, à côtés flexueux et à angles rentrants.

Il résulte que l'ensemble de l'appareil se présente de la manière indiquée par la figure 2.

Il résulte donc de ces descriptions :

1° Qu'en général les plaques apiciales des *Collyrites* sont fort irrégulières; elles passent de la forme quadrangulaire à la forme octogonale;

2° Qu'il existe une plaque en général plus petite que les autres, remplissant le même but que chez les *Echinoconidæ* et les *Echi-*

nobrissidæ; cette plaque, dont la forme et la grandeur dépendent du mode d'accroissement des plaques ocellaires médianes et des plaques génitales postérieures, est tantôt quadrangulaire, tantôt pentagonale ;

3° La plaque complémentaire est toujours entourée des plaques ocellaires médianes et des plaques génitales postérieures, et occupe donc une position anale ;

4° Que la protubérance madréporiforme affecte généralement la plaque génitale antérieure de droite, mais qu'elle s'étend quelquefois sur les plaques voisines.

Séance du 4 janvier 1858.

PRÉSIDENCE DE M. DESHAYES.

M. P. Michelot, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

Edmond GUIRAND, professeur de dessin au collége de Saint-Claude (Jura), présenté par MM. le frère Ogérien et P. Michelot ;

NOULET, professeur d'histoire naturelle médicale, à l'École de médecine de Toulouse (Haute-Garonne), présenté par MM. le vicomte d'Archiac et Lartet.

M. DE SAINT-MARSAUD, ancien membre, est admis, sur sa demande, à faire de nouveau partie de la Société.

Le Président annonce ensuite trois présentations.

M. le Président fait connaître à la Société la perte sensible qu'elle vient de faire dans la personne de M. de Pinteville, l'un de ses anciens secrétaires.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. F. Cailliaud, *Observations sur les Oursins*

perforants (*supplément*) (extr. de la *Revue et magasin de zoologie*, n° 9, 1857), in-8, 19 p.

De la part de MM. Cotteau et Triger, *Échinides du départment de la Sarthe*, 1re livraison, in-8, 3 f. de texte, 10 pl. Paris, 1857, chez J.-B. Baillière et fils.

De la part de M. G.-P. Deshayes, *Traité élémentaire de conchyliologie*, in-8, 18e livraison, 3 f. de texte, 8 pl. Paris, 1857, chez Victor Masson.

De la part de M. Terquem, *Observation sur un fossile nouveau trouvé dans le département de la Moselle*, in-8, 4 p., 1 pl. Metz; chez J. Verronnais.

De la part de M. Giambattista Barresi, *Dello aftalosio di Sicilia*, in-8, 19 p. Palermo, 1857, chez Fr. Lao.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1857, 2e sem., t. XLV, nos 25 et 26.

L'*Institut*, 1857, nos 1251 et 1252.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée n° 107, 10e année, novembre 1857.

The Athenæum, 1857, nos 1574 et 1575.

Revista de los progresos de las ciencias exactas, fisicas y naturales, t. VII, n° 9, diciembre de 1857.

Séance publique de la Société d'agriculture, etc., du département de la Marne, tenue à Châlon, le 25 *août* 1857, in-8, 8 p.

M. le marquis de Roys, trésorier, présente l'état de la caisse au 31 décembre dernier.

Il y avait en caisse au 31 décembre 1856. .	2,878 fr.	35 c.
La recette, du 1er janvier au 31 décembre 1857, a été de	19,073	70
Total. . .	21,952	05
La dépense, du 1er janvier au 31 décembre 1857, a été de.	19,804	80
Il restait en caisse au 31 décembre 1857. . .	2,147 fr.	25 c.

La Société adopte successivement les nominations que le Conseil a faites pour 1858 dans les diverses Commissions.

Ces Commissions sont composées de la manière suivante :

1° *Commission de comptabilité :* MM. baron DE BRIMONT, VIQUESNEL, CLÉMENT-MULLET.

2° *Commission des archives :* MM. HÉBERT, BELGRAND, DE LA ROQUETTE.

3° *Commission du Bulletin :* MM. BAYLE, vicomte D'ARCHIAC, MICHELOT.

4° *Commission des Mémoires :* MM. Ch. S.-C. DEVILLE, DE VERNEUIL, DESHAYES.

On procède à l'élection du Président pour l'année 1858.

M. VIQUESNEL, ayant obtenu 65 suffrages sur 126 votes, est élu Président pour l'année 1858.

La Société nomme successivement :

Vice-Présidents : MM. HÉBERT, marquis DE ROYS, P. MICHELOT, MICHELIN.

Secrétaires : MM. LAUGEL, CLÉMENT-MULLET.

Vice-Secrétaires : MM. Albert GAUDRY, Ch. LAURENT.

Trésorier : M. MEUGY.

Archiviste : M. Ed. COLLOMB.

Membres du Conseil : MM. DAMOUR, DELESSE, BAYLE, LARTET, WALFERDIN.

Par suite de ces nominations, le Bureau et le Conseil sont composés, pour l'année 1858, de la manière suivante :

Président.

M. VIQUESNEL.

Vice-Présidents.

M. HÉBERT,
M. le marquis DE ROYS,
M. P. MICHELOT,
M. MICHELIN.

Secrétaires.

M. LAUGEL,
M. CLÉMENT-MULLET.

Vice-Secrétaires.

M. Albert GAUDRY,
M. Ch. LAURENT.

Trésorier.

M. MEUGY.

Archiviste.

M. Ed. COLLOMB.

Membres du Conseil.

M. ÉLIE DE BEAUMONT,
M. le baron DE BRIMONT,
M. DESHAYES,
M. J. BARRANDE,
M. LEVALLOIS,
M. DE BILLY,
M. SC. GRAS,
M. DAMOUR,
M. DELESSE.
M. BAYLE,
M. LARTET,
M. WALFERDIN.

Commissions..

Comptabilité : MM. le baron DE BRIMONT, VIQUESNEL, CLÉMENT-MULLET.

Archives : MM. HÉBERT, BELGRAND, DE LA ROQUETTE.

Bulletin : MM. BAYLE, le vicomte D'ARCHIAC, P. MICHELOT.

Mémoires : MM. Ch. S.-C. DEVILLE, DE VERNEUIL, DESHAYES.

Séance du 18 *janvier* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

M. le Président adresse quelques paroles à la Société pour la remercier de l'honneur qu'elle lui a conféré ; il se rend l'interprète des remercîments que la Société adresse à M. Damour, pour la manière dont il a rempli ses fonctions.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, M. le Président proclame membres de la Société :

MM.

CHATIN, professeur de botanique à l'École de pharmacie, rue du faubourg Saint-Honoré, 208, présenté par MM. Michal et Michelot ;

FOURNIER, pharmacien, rue d'Anjou-Saint-Honoré, présenté par MM. Michal et Michelot;

FILIPPINI (Pietro), ingénieur, à Brescia (Lombardie), présenté par MM. Victor Zienkowicz et Abr. Massalongo.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants*, décembre 1857.

De la part de M. H. Abich, *Ueber das Steinsalz und seine geologische Stellung in Russischen Armenien*, in-4, 93 p., 2 pl. Saint-Pétersbourg, 1857.

De la part de M. Charles Des Moulins, *Les savants voyageurs à Bordeaux*, in-8, 22 p. Bordeaux, 1857; chez Th. Lafargue.

De la part de M. Ch. Laurent, *Note sur l'appareil à chute libre employé par MM. Degousée et Ch. Laurent, pour les sondages à de grandes profondeurs* (extr. des *Mémoires de la Société des ingénieurs civils*), in-8, 12 p., 1 pl.

De la part de M. Oscar Lesèble, *Notice sur M. Jules Haime*, in-8, 13 p. Tours, 1857; chez Ladevèze.

De la part de M. Ph. Matheron, *Plan indiquant la situation des travaux d'approfondissement de la rade de Toulon au 30 septembre* 1857, 1 f. grand aigle. Marseille, 1857; chez M. A. Matheron.

De la part de M. Éd. Piette :

1° *Observations sur les étages inférieurs du terrain jurassique dans les départements des Ardennes et de l'Aisne* (extr. du t. XII, 2e sér., du *Bull. de la Soc. géol. de Fr.*,), in-8, 40 p., 1 pl.

2° *Notice sur les coquilles ailées trouvées dans la grande oolithe de l'Aisne, des Ardennes et de la Moselle*, in-8, 16 p., 4 pl.

3° *Notice sur les grès d'Aiglemont et de Rimogne*, in-8, 20 p., 1 pl.

4° *Sur les coquilles voisines des Purpurines, trouvées dans la grande oolithe des Ardennes et de l'Aisne*, in-8, 12 p., 3 pl.

Ces trois notices sont extraites du t. XIII, 2e sér., du *Bull. de la Soc. géol., de France.*

De la part de M. Joseph Prestwich, *Three lectures on the geology of Clapham and the neigbourhood of London generally*, in-8, 79 p., 2 pl. Londres, 1857; chez Van Voorst.

De la part de M. le comte de Rottermund :

1° *Rapport sur l'exploration des lacs Supérieur et Huron*, in-8, 26 p.

2° *Second rapport sur l'exploration des lacs Supérieur et Huron*, in-8, 50 p. Toronto, 1857.

De la part de M. le professeur Antonio Stoppani, *Studii geologici e paleontologici sulla Lombardia*, in-18, 361 p., 2 tabl. Milan, 1858; chez C. Turati.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er sem., t. XLVI, nos 1 et 2.

L'Institut, 1858, nos 1253 et 1254.

L'Ingénieur, 1857, 11e livraison.

Mémoires de la Société académique de Maine-et-Loire, 1er volume, n° 2, 1857, in-8.

Société I. d'agriculture, sciences et arts de l'arrondissement de Valenciennes. — Revue agricole, industrielle et littéraire, IXe année, n° 5, novembre 1857.

Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, t, V, nos 39 à 41.

The Athenæum, nos 1576 et 1577, 1858.

Revista minera, t. IX, n° 183, 1858.

M. Hébert présente à la Société, de la part de M. Oscar Lesèble, une notice (imprimée) sur M. Jules Haime.

M. le Président présente à la Société, de la part de M. de Rottermund, un rapport (imprimé) sur l'exploration des lacs Supérieur et Huron, où se trouve indiqué le gisement des roches composant la collection que M. de Rottermund a présentée au Muséum d'histoire naturelle, et qui a donné lieu à une note de M. Viquesnel, insérée dans le *Bulletin* (2e série, t. XIV, p. 419).

M. le Président lit une lettre de M. de La Roquette, qui fait connaître la perte regrettable de M. Keilhau, professeur de mi-

néralogie et de géologie à l'Université de Christiania (Norvège). M. de La Roquette annonce qu'il communiquera prochainement à la Société une notice nécrologique sur ce savant confrère.

M. d'Archiac présente le mémoire suivant de M. J.-B. Noulet :

Du terrain éocène supérieur considéré comme l'un des étages constitutifs des Pyrénées, par M. le docteur J.-B. Noulet, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Toulouse.

Les terrains tertiaires d'eau douce, qui occupent une si grande portion du bassin sous-pyrénéen, doivent être rapportés (abstraction faite des alluvions anciennes et récentes) à deux étages distincts, mais qui se succèdent immédiatement dans l'échelle géognostique. Le plus ancien revient à l'étage supérieur de l'éocène de M. Lyell (étage parisien de M. Alc. d'Orbigny), le plus récent au miocène de M. Lyell (étage falunien de M. d'Orbigny). J'ai dit ailleurs que ces deux terrains, l'un et l'autre d'origine fluviale et lacustre, composés, à cause de cette communauté d'origine, des mêmes roches, pouvaient néanmoins être distingués à l'aide de caractères stratigraphiques et paléontologiques. C'est ainsi que, sur plusieurs points, les roches de l'éocène supérieur ont perdu leur horizontalité primitive, tandis que les roches du miocène ont constamment conservé cette disposition ; d'où il résulte qu'au contact des deux terrains il y a souvent entre eux stratification discordante (1).

Chacun des deux terrains a de plus une faune et une flore complétement distinctes.

Le terrain éocène supérieur comprend la mollasse du Fronjadais, la mollasse et les calcaires du Périgord, du Quercy, de l'Albigeois et du Castrais, qui s'étendent en masse continue jusqu'à la rencontre de la montagne Noire, à l'E. Les mêmes couches échancrent le département de la Haute-Garonne, dans l'arrondissement de Villefranche, et gagnent enfin les départements de l'Aude et de l'Ariége.

A part le bassin de Narbonne et les terrains d'eau douce qui en dépendent jusqu'à Sijean, et qui sont miocènes, l'éocène supé-

(1) Voyez nos *Mémoires sur les coquilles fossiles des terrains d'eau douce du sud-ouest de la France*, 1854. *Introduction*.

rieur constitue la formation des poudingues, des grès, des argiles, des marnes et des calcaires lacustres de l'Aude tout entier.

Dans le Fronjadais, le Périgord, le Quercy, l'Albigeois, le Castrais et la Haute-Garonne, les couches de l'éocène supérieur sont partout horizontalement disposées, comme celles du miocène; mais en entrant dans le département de l'Aude, à Villeneuve-la-Comtal, au Mas-Saintes-Puelles, à Saller, par exemple, on les aperçoit sensiblement disloquées sous divers angles. Cette disposition est plus marquée, plus loin, au contact de la formation nummulitique, soit le long des pentes S. de la montagne Noire, soit le long des pentes opposées des Corbières.

Les mêmes dérangements s'observent tout autour du massif des Corbières jusqu'à la chaîne des Pyrénées proprement dite. Là, on voit l'éocène supérieur s'étendre dans l'ancien Rasez, où il est faiblement bouleversé, pour venir enfin prendre part au relief même des Pyrénées, et commencer, en partant des Corbières, ce système de basses montagnes à stratification très tourmentée, qui limite, au pied de la grande chaîne, le bassin sous-pyrénéen.

Dans l'arrondissement de Limoux et dans le département de l'Ariége, à l'E., ce sont, comme dans l'Aude, les grès qui dominent, quoiqu'on y rencontre des poudingues et quelque peu de calcaires lacustres.

Cet état de choses dure jusqu'auprès de Varilles (Ariége); mais en s'avançant vers l'O., les poudingues prennent une plus grande extension; en même temps, les calcaires d'eau douce se montrent plus fréquents et surtout plus puissants. A Crampagnac, sur les deux rives du lit de l'Ariége, on constate d'importants affleurements de ces derniers. De là, on en découvre sous la même direction, tout le long de la chaîne la plus extérieure des Pyrénées, jusqu'à Sabarat, où ils acquièrent une grande importance, tant à cause des étages qu'ils y forment que des coquilles fossiles qu'ils fournissent.

De Crampagnac à Sabarat, les couches de la formation miocène sous-pyrénéenne viennent s'appuyer continuellement, en stratification discordante, sur l'éocène supérieur, à couches redressées, comme nous l'avons dit.

La petite ville de Sabarat, dans le canton du Mas-d'Azil (Ariége), est bâtie sur les bords de l'Arize, au fond d'une vallée, dont les flancs sont constitués au S. par un système de roches dépendant de la formation nummulitique, et au N. par un chaînon appartenant aux basses montagnes que nous suivons depuis le pied des Corbières, limitant partout le relief pyrénéen vers la plaine.

A Sabarat, on observe toutes les natures de roches que nous avons indiquées dans la formation éocène supérieure ; on y trouve chacun de ces éléments plusieurs fois répété. C'est ainsi qu'en partant du lit de l'Arize, à Sabarat même, et en remontant jusqu'à la rencontre des couches du miocène, dans la direction de Carla-le-Comte (1), on parcourt une tranche de l'éocène supérieur, qui approximativement nous semble n'avoir pas moins de 1200 mètres en travers. La coupe placée ci-dessous, que j'ai dressée d'après un croquis que je dois à M. l'abbé Pouech, en représente le profil assez exactement, pour que la légende que nous allons y ajouter suffise à bien faire comprendre la suite des couches qui se succèdent sur ce point.

a. Formation nummulitique : calcaires, argiles et grès.
b. b. Couches de grès argileux, intermédiaires entre les deux formations éocènes.
c. Premier banc de poudingue.
d. Grès et marnes.
e. Premier calcaire d'eau douce, compacte, blanc, rosé ou jaunâtre, avec *Héliees*, *Cyclostomes* et *Planorbes*.
f. Deuxième banc de poudingue.
g. Deuxième calcaire d'eau douce, solide, et marnes.
h. Troisième banc de poudingue.
i. Troisième calcaire d'eau douce, et marnes avec *Cyclostomes*.
k. Grand système de poudingues entremêlés d'argiles roussâtres, terminant la formation.
l. Couches horizontales du miocène.

Les couches de grès argileux placées au fond de la vallée, entre les deux étages de l'éocène, n'ayant pas encore fourni de fossiles, on ne peut commencer sans contestation l'étage supérieur qu'au premier banc de poudingue, banc au-dessus duquel se rencontre bientôt le premier calcaire d'eau douce coquillier. Plus haut, ce sont des alternances de poudingues, de grès, de calcaires, qui se

(1) En arrivant à Carla-le-Comte, nous avons, à dessein, choisi une localité nettement précisée du miocène d'eau douce sous-pyrénéen. On sait que cette localité a fourni des restes de l'un des mammifères fossiles caractéristiques de cette formation, le *Dinotherium giganteum*, Kaup, signalé par G. Cuvier sous le nom de *Tapir gigantesque*. Voyez G. Cuvier, *Recherches sur les ossements fossiles*, 3e édit. vol. VIII, 1re part., p. 168, pl. VIII, fig. 1 à 4.

Pachydermes, et des genres ou sous-genres que nous allons désigner. Leur provenance commune ne permet donc aucun doute sur l'âge des terrains qui les recélait.

En effet, les bassins de Limoux, de Carcassonne, de Castelnaudary (Aude), et de Castres (Tarn), ce dernier principalement, nous ont fait connaître, outre des débris de reptiles fort intéressants, des ossements de mammifères revenant aux groupes *Lophiodon*, G. Cuvier, *Lophiotherium*, P. Gervais, *Palæotherium*, G. Cuvier, *Propalæotherium*, P. Gervais, *Paloplotherium*, Owen, etc., animaux qui appartiennent exclusivement à l'étage que nous étudions.

L'aire des terrains que cette population fossile occupe dans le S.-O. de la France, prise dans son ensemble, forme une bande considérable, et qui joue un rôle important dans la constitution géognostique des formations tertiaires des Pyrénées et du bassin sous-pyrénéen. Les calcaires, les grès et les mollasses d'où ils proviennent, tous déposés sous les eaux douces, montrent, par rapport à leur manière d'être actuellement, des différences essentielles que nous avons déjà signalées, mais sur lesquelles nous devons nous appesantir. On les observe, en effet, en place et horizontalement disposés, dans le Lot, le Tarn, la Haute-Garonne; mais dans l'Aude ils ont subi un dérangement sensible dans les plans de stratification. La dislocation des couches prend des caractères de plus en plus prononcés le long des pentes de la montagne Noire, là où elles ont suivi le redressement de la formation nummulitique, caractère qu'elles conservent en contournant les Corbières et tout le long des Pyrénées.

On constate donc que le dérangement des couches de l'éocène supérieur a suivi le mouvement ascensionnel de la chaîne des Pyrénées, et qu'il s'est arrêté là où le massif de la montagne Noire, précédemment constitué, a amorti les effets de cette gigantesque catastrophe.

« La constatation de l'étage supérieur de la formation éocène, sur le versant nord des Pyrénées, a pour résultat de modifier des opinions fondamentales qui semblaient solidement établies. Ainsi, soit que l'on considérât avec MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont la bande coloriée en jaune sur leur carte géologique de la France, comme appartenant au terrain crétacé supérieur, soit qu'avec le plus grand nombre des géologues on regardât cette zone comme tertiaire et revenant à l'étage le plus inférieur de l'éocène, on n'a songé que dans ces derniers temps à les scinder en deux parts,

pour en constituer deux étages particuliers dans la série géognostique (1).

» En réalité, il y a deux terrains distincts par leur origine, par leur âge et par leurs fossiles, là où tant de recommandables savants n'en avaient admis, ou n'en admettent même encore qu'un seul. Nous considérons en conséquence, comme appartenant à l'éocène supérieur ou *Palæotherien*, la zone la plus extérieure de cette bande qui s'appuie en stratification concordante sur le vrai terrain nummulitique. Au reste, les deux étages de l'éocène affectent la même inclinaison vers le nord qui est l'inclinaison générale de la chaîne elle-même.

» Le dédoublement de l'éocène pyrénéen en deux groupes étant admis, il en résulte que le groupe le plus récent, qui est aussi le moins puissant des deux, vient combler la lacune que l'on avait cru mal à propos exister dans la série des étages composant ces montagnes, ce qui conduit à admettre que ce fut postérieurement au dépôt de l'éocène supérieur que la chaîne des Pyrénées prit sa forme définitive, en affectant la direction si tranchée de O. 18° N. à E. 18° S.

» Il suit de ce que nous avons dit de l'existence du terrain éocène supérieur dans le bassin sous-pyrénéen, qu'à l'époque où il fut délaissé sous les eaux douces, l'Océan et la Méditerranée étaient déjà séparées, et à peu de choses près, de la même manière que ces mers le sont aujourd'hui.

» Il faut aussi nécessairement reconnaître qu'après la grande perturbation qui eut pour résultat le relèvement des Pyrénées et l'anéantissement de la faune entière propre à la période pendant laquelle l'éocène supérieur avait été déposé, il se produisit au pied de ces montagnes, au nord, par l'effet de l'inclinaison des strates relevés d'un côté et abaissés de l'autre, une vaste dépression que des eaux douces vinrent occuper, réservoir dans lequel furent déposés de nouveau des calcaires et des mollasses qui tendirent de plus en plus à la combler, et, comme aucune catastrophe n'est venue depuis déranger ces sédiments post-pyrénéens de leur position normale, ils ont conservé leur horizontalité primitive. Ce sont là les couches miocènes, parfois si riches en restes d'êtres organisés, ceux-ci caractérisant une faune entièrement renouvelée, couches

(1) Nous rappellerons ici qu'entrevues, dès 1849, par M. V. Raulin, ces conclusions ont été émises en 1853 par M. P. de Rouville, en 1854 par M. Delbos et par nous-même, et reproduites en 1855 par M. Raulin à la suite de nouvelles recherches.

que nous avons vues contraster d'une façon si frappante avec celles de l'éocène supérieur faisant partie de la constitution pyrénéenne.

» La date géologique, assignée à la perturbation violente qui donna aux Pyrénées leur forme définitive, avait été fixée différemment par les géologues, suivant les idées qu'ils s'étaient faites de l'âge de la dernière assise de cette chaîne. En restituant aux Pyrénées l'étage éocène supérieur, on fixe leur relèvement final après que le terrain éocène supérieur était déjà constitué, et avant que le terrain miocène le fût encore (1).

» Telles sont les conclusions que l'on est en droit de tirer de ce fait d'observation, à savoir qu'un terrain d'eau douce, dépendant de l'étage éocène supérieur, entre dans la constitution géognostique des Pyrénées dont il forme le terme le plus récent.

M. le baron de Brimont lit le mémoire suivant de M. Fournet.

Considérations générales au sujet des mélaphyres, par M. J. Fournet, professeur à la Faculté des sciences de Lyon.

Les mélaphyres sont souvent relégués dans l'ensemble des roches dites *trappéennes*, dénomination évidemment trop vague pour devoir être conservée dans la science; d'autre part, ils ont été réunis aux basaltes, et cette confusion tend particulièrement à jeter une grande obscurité dans la géologie du Tyrol, pays où les deux roches se montrent simultanément. Enfin, quelques géologues persistent encore à ne voir dans ces mélaphyres autre chose que des masses éruptives du genre des porphyres.

Ces indécisions, contre lesquelles j'ai déjà eu occasion de réclamer, me déterminent à produire de nouvelles explications, et, pour entrer en matière, je rappellerai immédiatement que les basaltes tyroliens se distinguent par leurs pyroxènes, parfaitement identiques avec ceux que l'on rencontre dans toutes les autres laves basaltiques de la France ou de l'étranger. Ils ne renferment ni les feldspaths, ni les épidotes, ni les idocrases, que l'on rencontre si fréquemment dans les mélaphyres. Les pâtes des deux

(1) Il est à peine besoin de dire que nous n'entendons parler que du dernier soulèvement général, qui a donné à la chaîne entière des Pyrénées son relief principal et sa direction définitive, sans nous préoccuper des bouleversements postérieurs et locaux dus aux roches éruptives.

roches n'ont d'ailleurs aucune ressemblance minéralogique. Enfin, les basaltes percent au travers des roches triasiques et autres plus récentes, sous la forme de filons minces ou puissants, tandis que les débris des mélaphyres, roulés par les eaux, amenés à l'état de cailloux, entrent dans la composition des grès placés sous les dolomies et sous les autres roches secondaires de la contrée. Ainsi donc les masses respectives diffèrent complétement par leur âge, comme par la plupart de leurs propriétés physiques ou chimiques.

Le rapprochement des mélaphyres avec les porphyres est infiniment plus fondé. En effet, dans le Tessin, et mieux encore dans la vallée de l'Azergues, j'ai vu des filons de porphyres rouges, dont quelques branches possèdent la teinte noire qui forme le caractère le plus frappant des autres ; mais j'ai cru pouvoir expliquer cette circonstance en ayant égard à des effets de dissolutions, ou, autrement dit, en admettant ce que j'appelle les effets endomorphiques. Je suppose d'ailleurs que toute autre hypothèse rendrait difficilement compte de cette coloration purement locale, à moins que l'on ne veuille faire intervenir les rubéfactions postérieures occasionnées par les agents atmosphériques ; mais à cette explication, on peut opposer l'objection suivante, savoir : que la rubéfaction aurait dû atteindre d'abord les parties les plus minces et les plus superficielles des filons, tandis que c'est l'inverse qui a lieu. Le corps du filon est rouge, et ses menues diramations, bien qu'elles s'avancent jusque près de la surface, ont conservé la couleur noire.

Ainsi donc, j'admets que certains mélaphyres ne sont autre chose que des porphyres, dont la constitution chimique a été modifiée par la combinaison ou par la dissolution de quelques parties des roches naissantes. J'ajoute de plus que ces circonstances sont purement accidentelles, et que les grandes masses mélaphyriques ont une origine bien autrement complexe, et je vais baser cette indication sur divers résultats de mes observations.

D'abord les mélaphyres en grandes masses affectent des positions essentiellement caractéristiques, et qui auraient dû frapper tout d'abord les géologues, car elles sont manifestes dans le Lyonnais, dans les Vosges, dans le Tessin, dans le Tyrol et même en Sibérie. Partout ils constituent des nappes superficielles qui, très souvent même, occupent des positions culminantes où ils forment tantôt des plateaux, tantôt des pitons, selon l'ampleur des surfaces qu'ils occupent. Jamais je ne les ai vus se disposer en filons nettement définis, ou pareils à ceux des basaltes, par exemple, et les parties que l'on a pu considérer comme telles m'ont toujours présenté les caractères de simples lambeaux empâtés dans les

roches soulevantes. Ce n'est qu'en l'absence de dénudations suffisamment étendues qu'il arrive des confusions à cet égard, et, dans ce cas, la prudence veut que l'on se tienne sur la réserve, si l'on n'a pas le temps ou l'occasion d'étendre suffisamment le champ de ses observations.

En prenant comme point de départ, pour les formations de ce genre, le grand lambeau qui couvre le plateau d'Avenas, en Beaujolais, nous trouverons d'abord qu'en descendant indifféremment vers Beaujeu, vers Chiroubles, vers Vaux-Renard, vers Ouroux, son passage à la syénite sous-jacente est assez brusque, et que, suivant chacun de ces versants, il y a un abrupte évidemment formé par l'épaisseur de la nappe supérieure, absolument comme cela arrive quand un système de couches sédimentaires solides repose sur un granite. D'ailleurs, quelques lambeaux étalés sur les rampes suffisent pour indiquer l'ancienne liaison du lambeau supérieur avec les autres parties disséminées dans le reste de la contrée.

En parcourant ensuite la surface du plateau, on y rencontre les mélanges ordinaires des pâtes noires avec des pâtes rouges confuses, et celles-ci, passant fréquemment à l'état granulitique, rappellent, par cela même, l'une des modifications cristallines de la syénite inférieure. Bien plus, ces colorations rougeâtres ou brunes et endomorphiques prédominent dans les dépressions du plateau, parce qu'en effet elles s'y trouvent en relation plus immédiate avec cette même syénite. Les saillies, au contraire, sont presque exclusivement constituées par des roches noires. D'ailleurs, je ne puis dépeindre l'arrangement rocheux de la station d'une manière plus expressive qu'en la comparant aux glaçons d'une rivière qui, après avoir été disloqués et culbutés pendant une débâcle, auraient été fixés en place par l'eau solidifiée à son tour au moment d'une gelée subséquente.

Les complications minéralogiques du système s'expliquent d'ailleurs par la pénétration, si naturellement variable, de la matière métamorphisante. Sur un point, il ne s'est développé que du feldspath disséminé dans une pâte dure et noire; plus loin, celle-ci a également subi les effets de la cristallisation, de sorte qu'il en est résulté des disséminations amphiboliques, et par suite des masses dioritiques plus ou moins schisteuses. Quelquefois le ramollissement de ces parties dioritisées a été tel que l'amphibole pure a pu sécréter dans les fissures de retrait, où elle forme de petits filons. Parmi les magmas plus impurs, l'épidote à l'état nuageux ou subcristallin, compagnon ordinaire des gâchis géolo-

giques, marie sa couleur jaune verdâtre avec celles des pâtes rouges et noires. Ailleurs, on n'a qu'une masse noire homogène. Enfin on pourra, çà et là, mettre la main sur des fragments de schistes échappés à ces transformations diverses, et ceux-ci naturellement viennent à l'appui de l'origine sédimentaire de la masse, origine déjà indiquée par les dispositions générales de l'ensemble ; en sorte que tout s'accorde pour démontrer qu'il ne s'agit pas ici de nappes d'épanchement du genre des coulées basaltiques, mais véritablement de couches atteintes, à divers degrés, par une cause modificatrice.

La butte de Brouilly, espèce d'avant-poste établi entre la terrasse du bas Beaujolais et les montagnes occidentales près de Saint-Lager, présente encore des accidents du même ordre. La nappe mélaphyrique y est également appliquée contre un granite que l'on peut regarder comme appartenant à la formation syénitique. Cependant la disposition n'est plus horizontale, et le redressement est tel qu'elle plonge vers l'est, tandis que sa tranche apparaît sur toute l'étendue du front occidental du pâté. Il en résulte donc une allure bien distincte de la précédente, et dont je devais naturellement faire mention ici, afin de mettre en opposition deux manières d'être que l'on peut d'ailleurs rencontrer dans tous les terrains sédimentaires. Au surplus, la nappe de Brouilly présente à peu près les mêmes accidents de structure que la précédente, c'est-à-dire que l'on y peut trouver des parties noires amphiboliques et des cristallisations feldspathiques. On remarque plus spécialement de grosses veines blanchâtres, tantôt parallèles, tantôt convergentes ou divergentes, selon leurs sinuosités au travers des parties noires, et toutes ces marbrures, contrastantes par leurs couleurs, sont intimement soudées ou fondues par leurs bords. Bien plus, les bandes noires, primitivement schisteuses, sont devenues compactes, rudes et à cassure finement esquilleuse ; les rubans blancs sont pareillement compactes, mais plus lisses, et leur éclat est presque gras, de manière qu'en aboutissant çà et là à un état cristallin plus prononcé, ils tendent à passer à l'idocrase, autre élément minéralogique dont la présence dans les roches métamorphiques est presque aussi habituelle que l'est celle de l'épidote. Ajoutons cependant que ces diffusions sont purement locales ; qu'il existe ici, de même qu'à Avenas, de grandes masses de pâtes noires, presque sans veinules blanches, de sorte que les différences observables parmi les détails ne doivent pas mettre obstacle à la réunion des deux groupes dans un seul et même système. En changeant les termes, je dirai qu'il faut accepter, pour

l'un comme pour l'autre, l'idée du tison à demi brûlé de M. Élie de Beaumont, charbonné à un bout, intact à l'extrémité opposée, symbole toujours expressif et juste, soit qu'on veuille n'envisager que de menues portions, soit qu'au contraire on s'attache à suivre les phénomènes sur l'étendue d'une chaîne de montagnes.

Je n'étendrai pas ces recherches plus loin dans le but de découvrir de nouvelles preuves de mes aperçus, car ce serait vouloir entasser ici une suite de détails tous concordants entre eux. Ainsi, ayant déjà suffisamment décrit les mélaphyres vosgiens, etc., etc., je renvoie, sans plus amples commentaires, à mes anciennes notes à cet égard. Toutefois, je dois encore faire ressortir divers détails rassemblés çà et là dans mes voyages.

Le premier, bien que son maintien modeste tende à le reléguer dans l'obscurité, n'en a pas moins une haute portée théorique, et voici en quoi il consiste :

Les mélaphyres les plus compactes et les mieux cristallisés conservent souvent un reste de leur caractère originaire. Il est imperceptible dans les cassures fraîches; mais la chimie de la nature sait le faire ressortir. Pour arriver à son but, il lui suffit du travail séculaire de ses modestes agents atmosphériques. Ceux-ci, s'attachant à ces roches, enlèvent, molécule à molécule, leurs parties attaquables, et laissent en place les parties plus solidement constituées; de là une œuvre de dissection d'une délicatesse infinie, et dont le résultat est de mettre en évidence une texture foncièrement schistoïde, mais parfois complétement inattendue. Du moins, ma satisfaction a été grande, quand je fus ainsi amené à la reconnaître dans les beaux mélaphyres, en apparence si homogènes, de la vallée de Framont, dans les Vosges.

Le mode de formation que j'assigne aux mélaphyres explique d'ailleurs fort bien la variabilité de leurs caractères. Sur les bords du lac de Lugano, les marbrures rouges des pâtes porphyriques oblitérées y sont fréquentes, indépendamment des filons nettement configurés de ces mêmes porphyres quartzifères qui les traversent çà et là. Dans certaines parties du Lyonnais, les diorites l'emportent sur les mélaphyres, et ailleurs l'inverse a lieu, ou bien encore l'ensemble est excessivement confus, mal cristallisé. Le Tyrol présente surtout des mélaphyres à ouralites, dans la vallée de Fassa, et ses mélaphyres feldspathiques, passant aux prasophyres le long de l'Adige, près de Botzen. Dans les Vosges, les prasophyres et les mélaphyres paraissent être également liés ensemble. Les schistes micacifères siluriens du Languedoc présentent quelques amas métamorphiques offrant toutes les couleurs, passant de la

pâte rouge aux pâtes brunes, vertes ou noires, avec ou sans cristallisations feldspathiques, et ainsi de suite. Il est en effet facile de comprendre que des schistes de nature diverse, que des grès également variables, que des pénétrations plus ou moins abondantes des roches modificatrices, que leur fluidité spéciale, et qu'enfin la composition de ces mêmes masses plutoniques, doivent avoir une large part dans les résultats définitifs de la solidification, sans compter les rubéfactions et autres causes d'altérations épigéniques qui, agissant à leur tour par la voie humide, complètent la confusion.

Il me reste encore à émettre quelques aperçus au sujet de la chaleur nécessaire pour produire les résultats métamorphiques. A cet égard, j'ai depuis longtemps remarqué que l'on exagère singulièrement cette température, non pas qu'elle n'ait joué un rôle prépondérant dans certains cas, mais en ce sens qu'elle ne doit pas, nécessairement et toujours, être excessive. Voici quelques indications qui feront mieux comprendre la portée de cet énoncé.

Des carreaux polis de glace à miroir, superposés en piles, peuvent se souder entre eux, au point qu'ils ne se laissent plus séparer autrement qu'avec des arrachements. Le trait du diamant, passé sur la lame supérieure, passe au travers de celles qui sont immédiatement au-dessous.

Une température un peu élevée soude ensemble des verres à vitre ordinaires, sans que le ramollissement soit porté au point de faire disparaître les joints des lames, et pourtant le choc du marteau, de quelque manière qu'il soit appliqué, ne peut pas cliver ces sortes de schistes.

Sous des influences analogues, des piles de pièces d'argent forment des cylindres très solides, sans que les légendes et les effigies soient en aucune façon altérées. Une chaleur un peu plus forte peut éliquater leurs parties intérieures, tandis que les faces, qui, ayant supporté le principal effort du balancier, ont acquis un tissu plus serré, conservent leur façon.

Les verres peuvent être dévitrifiés à la simple chaleur nécessaire pour les ramollir légèrement. Si l'on réchauffe plusieurs fois du verre à bouteille, il s'établit, dans la matière encore molle, des grains durs qui ont fait donner à ces accidents le nom de *verres galeux*. Le changement est assez prompt, dans certaines qualités, pour qu'elles ne puissent être façonnées à la lampe d'émailleur, à moins que l'on n'opère avec une grande célérité.

Notre célèbre métallurgiste Grignan avait déjà observé, dans le siècle passé, la cristallisation du fer amené à l'état mou; M. Wöh-

ler a cité un nouvel exemple de cette circonstance, et il a montré de plus que le métal devient alors clivable en cubes aussi facilement que la galène.

Dans ses expériences au sujet de la *cémentation dévitrifiante*, M. Fourmy, ayant opéré sur du verre noyé au milieu du gypse, obtint au contact une dissolution des deux substances. En outre, la masse vitreuse était recouverte d'une croûte épaisse de quelques millimètres, parfaitement blanche, nacrée, divisible en cristaux peu adhérents entre eux, mais très réguliers. M. Chevreul, n'y ayant trouvé que de l'acide sulfurique et de la chaux, fut amené à conclure qu'il s'était formé de l'anhydrite ; mais le sulfate de chaux exigeant une très forte chaleur pour arriver à la fusion en émail blanc, il faut concevoir que, dans l'opération de Fourmy, le simple ramollissement a suffi pour déterminer la cristallisation, ainsi que cela arrive aux verres, aux laitiers, au fer, dans les mêmes circonstances. Cet habile expérimentateur a d'ailleurs conclu de l'ensemble de ses recherches que, pour arriver à produire la cristallisation, il suffit d'une *température requise* soutenue pendant un *temps requis*, et qu'une trop forte chaleur met obstacle à la réussite.

D'un autre côté, nos anciens géologues, pour se rendre compte de la fluidité des laves à d'assez basses températures, avaient imaginé de recourir à l'intervention de certains fondants, et ils s'étaient entre autres arrêtés à l'idée du rôle de l'eau ; de là leur *fluidité aquoso-ignée*. De mon côté, j'ai déjà, en 1841, insisté sur la formation des agates, de leurs zéolithes et de leurs carbonates sous l'influence de l'eau, de l'acide carbonique et de matières, dont la constitution se rapproche de celle des matières organiques, le tout étant maintenu par la pression. Alors aussi je faisais remarquer que les mêmes corps sont intervenus dans la constitution des serpentines. Plus tard, en 1843, revenant sur les effets de la pression, j'ai expliqué comment les hydrocarbures volatils peuvent exister dans les filons de fer oxydulé, dans les basaltes, sans effectuer la réduction de l'oxyde en métal, contrairement aux énoncés de M. Gay-Lussac. En 1851, les *quartz guttifères* de l'île d'Elbe, dont j'avais étudié les gisements, mis en parallèle avec ceux des autres filons de la Toscane, ainsi que de divers autres pays, m'ont encore une fois porté à revenir sur le principe des anciens ; mais alors aussi, insistant sur les complexités mises en évidence par les physiciens et par les chimistes qui ont découvert dans les roches ou dans les cristaux plutoniques des bitumes, de l'eau, des acides ou autres corps volatils, j'ai conclu que la nature spé-

ciale de ces substances étant indifférente dans la question de la formation des minéraux, il s'agissait surtout de considérer les causes générales, sans renoncer pour cela à la fusion aquoso-ignée, du moment où l'on jugeait à propos d'en faire l'application, et depuis je n'ai jamais perdu de vue ces énoncés.

C'est donc avec une grande satisfaction que j'ai vu la confirmation récente d'une partie de la question géologique par M. Daubrée, dont les importantes expériences ont abouti à la formation des feldspaths, des quartz cristallisés et de divers zéolithes, sous l'influence de l'eau et de la pression, avec le concours de températures d'au moins 400 degrés, soutenues pendant environ un mois. En effet, plus il sera démontré que d'assez faibles chaleurs suffisent pour provoquer certaines cristallisations minérales, plus la théorie du métamorphisme sera acceptable. Cependant il ne s'ensuit pas qu'il faille pour cela renoncer à l'action des hautes températures, dont le rôle est non moins évident dans une foule d'autres cas.

Il faut d'ailleurs ajouter que si certains corps favorisent la cristallisation, il en est d'autres qui y mettent obstacle. Le carbone est particulièrement dans ce cas, et assez souvent les roches dans es quelles il abonde ne montrent aucun indice d'un changement dans ce sens, tandis que leur entourage est parfaitement cristallin. Certains calcaires conservent d'ailleurs une rudesse pierreuse, lors même qu'en vertu de causes quelconques leur bitume a été décomposé en une poussière anthraciteuse. Cependant ce même carbone a pu cristalliser en graphite pendant que le reste de la masse acquérait sa texture spéciale. Il a suffi pour cela qu'il ne fût pas en excès, et c'est ce qui est arrivé entre autres dans certains calcaires devenus cristallins, dans certains micaschistes, ainsi que dans les schistes chloriteux du Lyonnais.

Enfin, je compléterai ces aperçus en rappelant que le métamorphisme n'est pas toujours le produit de la simple cristallisation des roches sédimentaires ramollies par la chaleur, ou travaillées par les fluides et par les gaz déjà mentionnés. Bien souvent les masses schisteuses, par exemple, se sont exfoliées, et ont laissé pénétrer, par voie d'injection ou de capillarité, entre leurs feuillets entr'ouverts, d'abondantes portions des porphyres ou des granites métamorphisants. Ces matières liquéfiées ont donc pu communiquer leur température aux parties dans lesquelles elles se sont interposées, de façon que celles-ci, se trouvant ramollies, cristallisèrent en même temps que le reste. D'ailleurs, des dissolutions complètes ont été la conséquence de ces sortes de péné-

trations, et il en est résulté finalement la majeure partie des magmas sur lesquels j'ai insisté dès le début. Au surplus, ces divers phénomènes sont trop évidents autour de Lyon, pour n'avoir pas fixé depuis longtemps mon attention, et j'ai pu les reproduire artificiellement dans ce qu'ils ont d'essentiel. Les imbibitions des sulfures et des divers oxydes des filons, que l'on remarque si fréquemment jusqu'à une certaine distance des parois, peuvent également être classées parmi les phénomènes du même ordre. Ce sont des coupellations effectuées à des températures quelconques, et en cela je suppose comme toujours que les théories du géologue devront être basées sur l'ensemble des circonstances naturelles, mais non d'une manière absolue, sur les simples expérimentations des laboratoires. Déjà le rapide narré des faits vient de faire voir de quelle manière celles-ci ont été devancées par l'étude attentive des gîtes. Elle effectuera de même le triage des divers procédés de production artificielle des minéraux qui, depuis quelques années surtout, ont été imaginés ou découverts dans les fonderies par MM. Fleuriau de Bellevue, de Drée, Berthier, Mitscherlich, Gay-Lussac, Becquerel, Aimé, Hausmann, Régnault, Rose, de Sénarmont, Fournet, Ebelmen, Daubrée, etc. Dès à présent, par exemple, M. Daubrée a parfaitement expliqué de quelle manière ont pu se former les mésotypes trouvées en 1829, par MM. Bouillet et Lecoq, dans les cavités d'un calcaire à friganes, et aussi celles qui remplacent l'écorce des bois altérés contenus dans les tufs voisins. En effet, le calcaire ne montre aucun indice de métamorphisme; il est tout aussi blond, tout aussi pierreux que le sont d'habitude les calcaires à friganes des autres gisements. Il a également confirmé mes idées au sujet des quartz guttifères de l'île d'Elbe; mais déjà ici il faut distinguer ces quartz filoniens bulleux, hachés, bizarrement conformés, d'avec les quartz bipyramidés contenus dans les porphyres encaissants. Comme ils ne se ressemblent en rien, minéralogiquement parlant, on est en droit de conclure que leur formation n'est pas due à des causes identiques, et c'est ce que j'ai déjà fait. De même aussi je suppose que les roches dures, poreuses, bulleuses, tendres, souvent très altérées ou très altérables, qui contiennent les agates, et auxquelles leur aspect a parfois valu le nom de spilites, diffèrent essentiellement des mélaphyres non agatifères décrits précédemment. Chez ceux-ci, la dureté, la compacité, la ténacité, s'accordent pour démontrer l'influence prépondérante de la chaleur sur celle de l'eau, des bitumes ou autres dissolvants du même ordre.

M. Delesse, après la lecture du mémoire qui précède, présente les observations suivantes :

Observations sur le travail de M. Fournet relatif aux mélaphyres; par M. Delesse.

Les recherches que M. Fournet a faites sur les mélaphyres me paraissent présenter un grand intérêt; je regrette cependant de ne pouvoir partager plusieurs des idées émises par ce savant professeur ; et, d'abord, le mot de trapp est-il si mauvais qu'il doive être complétement banni de la nomenclature des roches? Je suis loin de le penser.

Si l'on remonte à l'origine de ce mot, on peut assurément trouver qu'il n'a pas été choisi d'une manière très heureuse, car il rappelle seulement une propriété accessoire de la roche, celle de se diviser en escaliers ; mais l'usage a notablement modifié la première définition. Le plus souvent même le trapp ne présente pas du tout cette structure.

Le mot trapp est cependant extrêmement répandu dans le langage géologique en France, en Allemagne et surtout en Angleterre. Il a le grand avantage d'exister et d'être même d'un emploi très général. Il sert à désigner des roches très nombreuses, dont les caractères sont confus et ne peuvent pas être facilement précisés. Le nom nouveau par lequel on le remplacerait n'apprendrait rien sur la composition minéralogique de ces roches ; il introduirait seulement plus de confusion dans l'étude des roches.

Il me paraît d'ailleurs que les trapps sont susceptibles d'être définis; ce sont des roches hydratées et peu cristallines qui ont pour base un feldspath du sixième système.

Quand elles deviennent cristallines, on les voit prendre peu à peu la structure porphyrique par l'apparition de cristaux de feldspath, et même par la formation de péridot, d'augite, d'hypersthène, de diallage, d'hornblende et de mica. Alors il est facile de les définir avec plus de précision ; aussi les nomme-t-on basalte, dolérite, mélaphyre, hypérite, euphotide, diorite, kersantite.

Les roches trappéennes constituent donc une classe de roches très importante et le mot trapp doit être spécialement réservé pour celles d'entre elles qui, à cause de leur structure cristalline confuse, ne peuvent pas être nommées autrement.

Quant à ce qui concerne le mélaphyre, je suis porté à croire qu'il y a quelque malentendu dans sa définition. Il m'est impossible en effet d'expliquer autrement plusieurs des résultats énoncés par M. Fournet.

Ainsi, bien que j'aie visité souvent les environs de Framont, je n'y ai jamais rencontré de véritables mélaphyres.

Il s'y trouve bien, il est vrai, des roches feldspathisées et pétro-siliceuses qui ont une couleur verte ou noirâtre, mais elles n'ont pas les caractères du mélaphyre ; ce sont essentiellement des roches métamorphiques qui conservent encore des traces de leur stratification, et quelquefois leur structure arénacée. Elles ont été feldspathisées, et il s'y est développé un feldspath du sixième système. On les désigne dans les Vosges sous le nom de grauwacke feldspathique. J'en ai fait une étude spéciale, et j'ai donné notamment la composition de l'une d'entre elles qui est porphyrique et se montre à Derlingoutte dans la vallée de Framont. Il est facile de constater par sa composition qu'on ne saurait la considérer comme un mélaphyre (1).

Voici maintenant quelle définition il me paraît convenable d'adopter pour le mélaphyre ; c'est une roche qui est à base de feldspath du sixième système, et qui contient de l'augite. Ces deux minéraux sont disséminés dans une pâte feldspathique, dans laquelle il y a souvent du fer oxydulé et des carbonates. Le feldspath est hydraté, et c'est ordinairement du labrador.

La couleur du mélaphyre est, comme l'on sait, extrêmement variable ; c'est seulement par exception qu'elle passe au noir. Bien que la structure porphyrique y soit fréquente, elle peut aussi disparaître.

La définition que je viens de donner est à peu près celle qui a été adoptée par M. Naumann.

Elle comprend la plupart des roches qui ont été décrites comme mélaphyre (2).

Si l'on étudie maintenant le mélaphyre sous le rapport de son gisement, on trouve qu'il est tantôt en filons, tantôt en amas ou en couches.

On ne saurait douter qu'il ne forme des filons bien caractérisés, quand on visite la Thuringe, le Palatinat, les bords de la Sarre, et différents points de l'Angleterre.

D'un autre côté, le mélaphyre se montre aussi en couches, comme le fait remarquer M. Fournet. J'ai eu occasion de signaler moi-même son passage à une roche sédimentaire bien caractérisée. En effet, à Ternuay, dans les Vosges, on voit un beau mélaphyre bien porphyrique qui passe à un schiste de transition (3).

---

(1) *Annales des mines*, 5e sér., t. III, p. 764.
(2) *Annales des mines*, 1847, t. XII, p. 195.
(3) *Annales des mines*, 4e sér., t. XII, p. 283.

Lorsqu'on parcourt la série des roches éruptives, on trouve d'ailleurs qu'elles présentent les mêmes anomalies. N'est-il pas fréquent, par exemple, de rencontrer la serpentine en filons, et cependant, dans certains gisements, elle passe d'une manière insensible à des schistes.

La diorite, qui se montre le plus souvent en filons très nets, devient quelquefois schistoïde, et elle paraît alors résulter du métamorphisme de roches stratifiées.

Le granite lui-même, qui le plus généralement possède à un haut degré les caractères d'une roche éruptive, peut également passer à des gneiss et à des roches schisteuses cristallines.

Il peut être stratifié, comme de Saussure l'a constaté pour le massif du Mont-Blanc.

On pourrait facilement multiplier ces exemples; mais il me suffit de constater ici qu'une même roche peut être tantôt non stratifiée et tantôt stratifiée.

C'est dans le métamorphisme qu'il faut chercher l'explication de cette anomalie. Je me suis occupé de son étude depuis plusieurs années, et je me propose de soumettre prochainement à la Société les principaux résultats de mes recherches sur cette importante question (1).

MM. d'Omalius d'Halloy et Ch. Deville appuient les observations présentées par M. Delesse.

M. Hébert a vu, au pied du Hundsrück, de vrais filons de mélaphyre dans le grès houiller.

M. Hébert présente la note suivante de M. Kœchlin-Schlumberger :

Note sur les fossiles tertiaires et diluviens du Haut-Rhin, par M. Kœchlin-Schlumberger.

Depuis les travaux de M. Voltz (2), qui est, je crois, le premier et le dernier auteur qui se soit occupé des fossiles tertiaires et diluviens du Haut-Rhin, le nombre de ces restes organiques connus s'est augmenté; il y a donc, par ce motif seul, un intérêt à en donner une nouvelle liste; mais, ce qui me décide surtout à ce petit

(1) *Annales des mines*, 1857, t. XII, p. 89. *Études sur le métamorphisme.*

(2) *Aperçu des vestiges organiques fossiles des deux départements du Rhin* (dans Aufschlæger, *Description de l'Alsace*, 1828).

travail, ce sont quelques espèces caractéristiques trouvées récemment, et qui peuvent jeter un grand jour sur l'âge du terrain tertiaire et de ses subdivisions, âge qui, par l'absence de superposition directe, n'a pas pu être déterminé jusqu'à présent d'une manière précise.

Calcaire d'eau douce des environs de Mulhouse.

Il a été rencontré cette année (1857), dans une des nombreuses carrières de Brunstatt, une mâchoire inférieure de *Palæotherium medium*, Cuv., très bien conservée. Ce fossile est empâté dans le calcaire compacte, et entouré des *Melania Escheri*, Brongn., caractéristiques pour ce terrain ; sa détermination n'a laissé aucun doute à M. H. de Meyer auquel je l'ai soumis. J'avais déjà trouvé antérieurement dans ce calcaire des fragments d'os qui appartiennent probablement au même animal, mais qui sont indéterminables.

Les gastéropodes, la plupart terrestres et fluviatiles, sont assez nombreux dans ce terrain, mais, comme généralement ils n'ont pas de test, leur détermination devient difficile et incertaine, surtout pour celles des espèces qui sont nouvelles. Voici les principaux de ces fossiles :

Melania Escheri, Brong., très abondante ; c'est cette espèce que M. Voltz signale sous le nom de *coquilles écrasées* des environs de Mulhouse.

Limneus. Il y en a plusieurs espèces : la plus grande ne peut, d'après M. Pierre Merian, se distinguer d'une espèce vivante ; il la désigne donc sous le nom de *Limneus palustris fossilis*. Ce savant distingue encore *Limneus politus*.

Helix, plusieurs espèces.

Cyclostoma Kœchlinianum, Mer. Ce genre est à peu près le seul dont le test soit conservé ; on y voit alors les stries longitudinales ; mais il y a aussi des exemplaires lisses qui pourraient constituer une espèce particulière :

Pupa.
Paludina circinata, Mer.
Auricula protensa, Mer.
— *alsatica*, Mer.
Planorbis, deux espèces.
Bulimus.
Cyclas.

Plantes.

Phragmites œningensis, Heer.

Feuilles de Laurus. Rares et seulement dans les couches inférieures qui passent au grès. Je ne suis pas certain si ce sont ces feuilles que M. Voltz a entendu signaler, quand il a parlé de feuilles ressemblant à celles de saules rencontrées dans le Sundgau, ou bien si ce sont celles de *Cinnamomum* dont il va être question.

Trois formations, minéralogiquement et paléontologiquement très différentes du calcaire d'eau douce, y sont cependant liées assez intimement ; mais on ne voit pas de superposition directe, de manière que leurs relations d'âge avec le calcaire restent encore douteuses. Ce sont :

1° *Grès de Habsheim.* Il se divise en deux parties : celle inférieure est un véritable grès fin, à pâte calcaire, de très peu de consistance, et qui contient des empreintes de feuilles. La forme la plus abondante appartient à un *Cinnamomum ;* d'autres formes très différentes sont trop rares et trop frustes pour en permettre la détermination.

La partie supérieure est constituée par une marne peu consistante, schisteuse et rubannée. M. Schimper y a découvert des écailles nettes et bien conservées de *Melettà longimana*, Heckel.

D'après les observations faites par M. Greppin dans les environs de Délémont, ces deux couches seraient inférieures au calcaire d'eau douce, tandis que si en l'absence de données stratigraphiques, on argumente de la rencontre du *Palæotherium medium* dans le calcaire, ce dernier serait plus ancien.

2° *Schiste à Cyrènes.* Dans les parties les plus élevées des collines formées par le calcaire d'eau douce, on trouve à Mulhouse même, à Zillisheim, à Bruebach, à Luemschwiller, un calcaire schisteux se séparant souvent en feuillets nets et minces, et contenant en grand nombre une *Cyrène*, dont j'ai inutilement cherché, espèce parmi celles de ce genre qu'offre le bassin de Mayence.

Ce calcaire schisteux contient en outre :

Dreissena Brardii, d'Orb.
Cerithium plicatum, Lam.

une plante à épines et quelques autres peu nettes.

C'est M. Gressly, lors d'un séjour qu'il a fait à Zillisheim, qui le premier a signalé cette couche.

3° *Schiste bitumineux.* On le trouve à Magslatt-le-Bas et à Bouxviller (Haut-Rhin). Dans la première de ces localités, on y a pratiqué une fouille depuis plusieurs années, croyant pouvoir

l'utiliser comme combustible, mais jusqu'à présent les essais faits dans ce but n'ont pas abouti. Ce schiste, à Magslatt-le-Bas, renferme des empreintes de poissons en assez mauvais état de conservation J'ai soumis les échantillons que j'y ai recueillis à M. Thiollière qui, après avoir dit que les poissons sont brisés et trop incomplets pour qu'on puisse en déterminer ni l'espèce ni le genre, formule ainsi son opinion :

« Il est probable que la plupart de ces fragments ont appartenu » à quelque petite forme de *Clapée*, mais je n'y vois pas même » la preuve que ce fût une *Melette* plutôt qu'une *Sardine*, etc., la » carène ventrale ne se montrant sur aucun échantillon.

» La double plaque à forme triangulaire, et qui est d'une dimen- » sion supérieure aux autres, est curieuse, parce qu'on y voit un » assez grand nombre de mandibules garnies de dents en cardes » qui sont assez bien conservées, et avec lesquelles gisent pêle- » mêle quelques vertèbres d'une forme particulière qui peuvent » avoir appartenu à la même espèce. Sur cette même double » plaque, il existe aussi un crâne d'une autre espèce beaucoup » plus grande, et qui se montre par la face inférieure ou la base.

» L'autre grande double plaque offre une portion de tête d'une » troisième espèce (outre la petite *Clapée*) qui est remarquable » par la grandeur de l'orbite, et dont la tête devait être plus haute » que large. Toutes ces espèces peuvent avoir vécu dans l'eau » douce, mais je ne saurais en déterminer aucune (1). »

Outre les poissons, on rencontre dans ce schiste bitumineux, et même d'une manière plus fréquente, des empreintes de plantes que j'ai soumises à l'examen de M. Schimper. Voici ce que ce savant botaniste m'écrit à ce sujet :

« La grande plante est une algue marine de la famille des » fucoïdées, et offrant les plus grandes ressemblances avec le » genre *Castagnea*, Thuret, qui se rencontre sur les côtes du Cal- » vados. Sur cette plante se trouve en parasite une belle touffe » d'un *Cladophora* ou d'un *Ectocarpus*, algue de la famille des » *confervidées*, composée de fils très fins, entourés d'une substance » mucilagineuse qui fait que cette empreinte fait tache, et res- » semble un peu à une expansion foliacée. Ces deux plantes fos- » siles ne sont pas décrites et appartiennent à une formation » marine. »

---

(1) J'ai su, par le propriétaire de la fouille et par M. Thiollière, que M. Daubrée avait eu connaissance de ce gîte de poissons il y a plus de deux ans.

Outre les formations que je viens de signaler, le département du Haut-Rhin présente, sur une grande partie de son étendue, un terrain marin miocène qui, sous le rapport paléontologique, offre assez d'analogie avec celui du bassin de Mayence. Ce terrain existe à différents états, tantôt comme conglomérat, tantôt comme grès, et enfin dans sa partie inférieure comme marne argileuse. Les restes organisés y sont excessivement rares et toujours mal conservés. Voici ceux qui, à ma connaissance, y ont été rencontrés :

Halianassa Studeri, Mgr. — Exemplaire presque entier à Raedersdorf.
Lamna cuspidata, Ag. — Ollwiller.
Cerithium plicatum, Lam. — Eguisheim.
Natica crassatina, Lam. — Eguisheim.
Cyrena ?. — A Ingersheim.
Cardium tenui-sulcatum ?, Nyst. — Ollwiller.
Pectunculus crassus, Phill. — Eguisheim, Bethonvilliers, Ollwiller.
Mytilus ?. — Rouffach (1).
Pecten pictus, Goldf. — Raedersdorf, Ollwiller.
Ostrea (peut-être *callifera*). — Ollwiller, Dannemarie.

Diluvium.

1° *Lehm*. Les fossiles du lehm sont les mêmes espèces qui ont été signalées dans la vallée du Rhin par P. Merian et Al. Braun. Il y a une très grande différence dans l'abondance des espèces ; celles qui sont très répandues sont :

Helix arbustorum, Lam. — La conservation est souvent telle, qu'on voit la bande longitudinale qui est devenue d'un roux très clair.
— *ericetorum*, Mull.
Succinea elongata, Drap.

2° *Cavernes de Sentheim*. Ces cavernes ont déjà été signalées et en partie décrites par M. Daubrée (2). Les ossements que ce savant y avait recueillis paraissent avoir été dans un état assez incomplet ou fruste pour laisser des doutes sur leur origine antédiluvienne à MM. Schimper et Lereboullet qui les ont examinés. Ce doute aujourd'hui a complétement disparu, grâce aux re-

(1) Il y a là un banc de près d'un mètre d'épaisseur, pétri de cette espèce, et qui a été découvert par M. Jutier.
(2) *Bulletin de la Société géologique*, 2e sér., t. VIII, p. 469.

cherches de M. Delbos qui a provoqué, de la part de la Société industrielle de Mulhouse, une allocation pour pouvoir faire des fouilles.

Ces fouilles ont été assez heureuses, et le savant naturaliste qui les a dirigées a consigné leur résultat sommaire dans la note qui suit ; je dis sommaire, car l'auteur se propose de faire un travail plus développé sur cette intéressante découverte.

Le Secrétaire donne ensuite lecture de la note suivante de M. J. Delbos :

Note sur les ossements des cavernes de Sentheim et de Lauw (Haut-Rhin), par M. J. Delbos.

Les fouilles effectuées dans les cavernes de Lauw et de Sentheim ont produit jusqu'à ce jour environ 250 pièces parfaitement déterminables, dont un assez grand nombre d'une belle conservation. Sur ces 250 pièces, plus de 200 appartiennent au genre *Ours ;* les autres à des mammifères d'espèces différentes.

Ossements d'Ours. Presque tous les os du squelette sont représentés. Parmi les pièces les plus importantes ou les mieux caractérisées se trouvent :

1° Une tête complète qui se rapporte au *grand Ours à front bombé*, de Cuvier (*Ursus spelæus*, Blum.). Elle égale par ses dimensions les plus grandes têtes mesurées par Cuvier.

2° Une quinzaine de demi-mâchoires inférieures ; elles se rapportent à deux formes principales : A. Les unes, et ce sont les plus petites, quoique la détrition des dents indique quelquefois des individus très vieux, ont le corps peu élevé, le bord inférieur plus droit ; ce sont les plus communs. D'après la description et les figures de Schmerling, elles auraient appartenu à l'*Ours à front plat* (*U. arctoideus*, Blum.), mais leur abondance rend cette assimilation douteuse, car tous les auteurs signalent l'*U. arctoideus* comme beaucoup plus rare que l'*U. spelæus.* — B. Les autres ont le corps beaucoup plus élevé, le bord inférieur plus convexe, et elles atteignent des dimensions plus considérables. Elles sont moins nombreuses que les précédentes et se rapportent certainement à l'*Ursus spelæus.* L'une d'elles excède en dimensions la mâchoire décrite par Schmerling comme appartenant à son *U. giganteus* qui n'est probablement qu'un *U. spelæus* très âgé.

3° Tous les os des membres provenant d'individus de taille et d'âge fort différents.

La détermination de ces pièces ne peut laisser aucun doute; elles appartiennent toutes au genre *Ours*, et peut-être à deux espèces distinctes. Les débris d'*Ursus priscus*, Goldf., Cuv., n'ont pas encore été rencontrés. Les grandes espèces fossiles nous paraissent différer spécifiquement des Ours actuels par la taille plus considérable, par l'absence des fausses molaires situées entre les canines et la première grosse molaire, par le développement beaucoup plus grand des os en épaisseur, indiquant des formes plus trapues. A longueur égale, les ossements de l'*U. spelæus* sont d'un tiers au moins plus épais que ceux des Ours des Alpes et des Pyrénées. Nous n'hésitons pas à considérer l'Ours des cavernes comme espèce distincte, nous réservant de nous décider sur la question de savoir si cette espèce peut ou non être dédoublée.

Ossements d'autres animaux. Quoique n'ayant pas encore été complétement étudiés, ces ossements indiquent les espèces suivantes :

1° *Loup* (crâne et mâchoire inférieure, fémurs, etc.).

2° *Renard* (crâne, mâchoire inférieure, os des membres).

3° *Ruminant* de la taille d'un chevreuil (métacarpe).

4° Os des membres d'animaux de petite taille (rongeurs?, insectivores).

Jusqu'ici il n'y a aucun indice d'*Hyènes*, de *Felis*, ni de *pachydermes*.

En résumé, ce sont les ossements d'Ours qui forment la grande majorité des pièces exhumées jusqu'ici. D'après le nombre de ces pièces, nous pouvons constater la présence de 12 ou 15 individus distincts au moins, quelques-uns très vieux, quelques autres au contraire extrêmement jeunes.

Les cavernes de Sentheim et de Lauw s'ouvrent dans des calcaires oolithiques sur les deux rives de la Doller, à l'entrée de la vallée de Massevaux. Une seule a été reconnue sur la rive gauche; c'est la plus étendue; trois sur la rive droite; c'est l'une de celles-ci qui a été explorée. Son exploitation a été favorisée par les travaux effectués dans les carrières dans lesquelles elle s'ouvre. Ces travaux l'ont déjà détruite en partie. Les autres grottes nous donneront sans doute de nouveaux résultats.

Nous nous réservons de nous prononcer plus tard sur la question de savoir si ces cavernes ont été habitées par les animaux dont on y retrouve les débris, ou si elles ont été comblées par des eaux courantes. La découverte de coprolites d'Ours parfaitement conservés nous ferait pencher pour le moment vers la première hypothèse.

Le Secrétaire donne lecture des deux notes suivantes de M. Ébray :

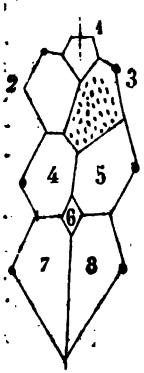
Note sur l'existence d'une plaque complémentaire centro-anale chez le Collyrites analis, *Desm.*, par M. Th. Ébray.

La découverte dont j'ai eu l'honneur d'entretenir la Société géologique dans sa séance du 21 décembre 1857, et qui est relative à l'existence d'une plaque complémentaire centro-anale chez le *Collyrites nivernensis*, paraît s'étendre au genre *Collyrites* tout entier.

La difficulté d'observer les sutures, chez certaines espèces, m'a jusqu'à ce jour empêché de considérer ce fait comme général; mais aujourd'hui que j'ai pu constater cette plaque chez le *Collyrites analis*, Desm., il y a lieu de conclure que le genre tout entier, et comme j'aurai l'honneur de le démontrer plus tard, que tous les oursins à appareil apicial allongé jouissent de cette nouvelle propriété.

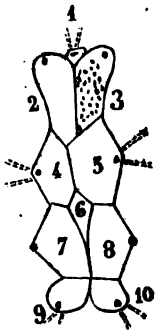
L'observation de cette plaque ne peut pas se faire chez tous les individus; car dans quelques échantillons les pores sont seuls visibles, et les sutures des plaques génitales et ocellaires ne peuvent être observées; chez d'autres, l'appareil tout entier est invisible; chez d'autres enfin, et c'est le cas le plus rare, l'appareil apicial bien conservé laisse apercevoir la plaque complémentaire qui occupe toujours la même position.

Je donne dans ce peu de mots la description de l'appareil apicial du *Collyrites analis*, Desm., ou *Collyrites ovalis*, Cott., et je joins à ma note un exemplaire sur lequel on pourra vérifier ma description.



1. Plaque ocellaire antérieure, pentagonale.
2. Plaque génitale gauche antérieure, hexagonale.
3. Plaque génitale droite, madréporiforme, antérieure, hexagonale.
4. Plaque ocellaire médiane gauche, heptagonale.
5. Plaque ocellaire médiane droite, hexagonale.
6. Plaque complémentaire, quadrangulaire.
7. 8. Plaques génitales postérieures, pentagonales.

Addition. — Peu de jours après l'achèvement de cette note, j'ai eu l'occasion de recueillir un certain nombre d'*Hyboclypus gibberulus*, Agass., assez bien conservés, et qui m'ont offert l'appareil apicial suivant :



1. Plaque ocellaire antérieure.
2. Plaque génitale gauche antérieure.
3. Plaque génitale madréporiforme.
4 et 5. Plaques ocellaires médianes.
6. Plaque complémentaire.
7. 8. Plaques génitales postérieures.
9. 10 Plaques ocellaires postérieures.

On constate donc encore dans ce genre la plaque complémentaire qui occupe identiquement la même position que chez les *Collyrites*.

*Note sur l'existence de l'*Ammonites macrocephalus *dans la grande oolithe*, par M. Th. Ébray.

On a prétendu que l'*Ammonites macrocephalus*, l'*A. Herveyi* et l'*A. bullatus* n'existent pas dans l'étage bathonien. Cette note a pour but de démontrer que ces fossiles sont communs à l'étage bathonien et à l'étage kellovien, à l'exception cependant de l'*A. bullatus* qui occupe presque partout une position inférieure.

La situation géologique de ces fossiles a été d'abord déterminée par d'Orbigny qui m'a même souvent annoncé avoir trouvé entre les individus du Kelloway-rock et ceux de la grande oolithe assez de différences pour se croire autorisé à distinguer les espèces provenant de ces deux étages ; mais nous savons que l'auteur de la *Paléontologie française* professait sur la modification des êtres des idées un peu absolues.

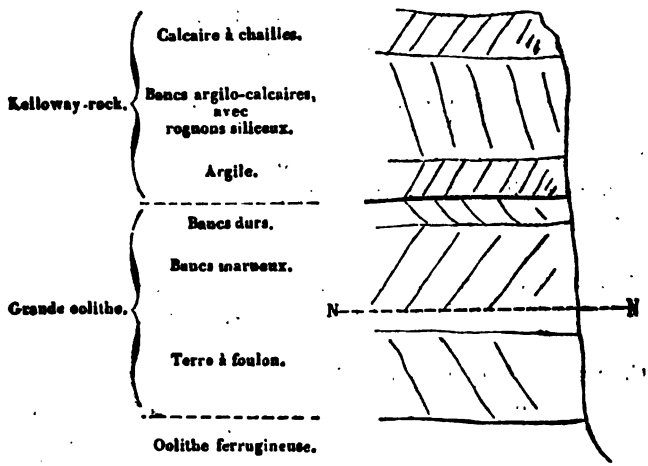
J'admets donc de la part de ce paléontologiste une assertion

peu justifiée, et voyons, en ne tenant pas compte de ses travaux, à quel résultat nous allons arriver.

Les fossiles que j'ai l'honneur d'envoyer à la Société géologique de France ont été recueillis dans une même couche très fossilifère, et contenant surtout :

1° *Ammonites Herveyi.*
2° — *macrocephalus.*
3° — *bullatus.*
4° *Collyrites analis.*
5° *Ammonites discus.*
6° — *subdiscus.*
7° *Terebratula digona.*

Cette couche occupe la position N.—N. dans la coupe suivante, qui représente la composition du sol des environs de la Malle (Nièvre), où l'on peut recueillir les fossiles cités plus haut.



L'*A. bullatus* commence à se montrer un peu au-dessous de N.—N., presque dans les parties supérieures de la terre à foulon. On sait d'ailleurs que M. Cotteau indique ce fossile dans l'étage bathonien de Vezelay (1).

En se rapprochant de Nevers, on recueille l'*A. macrocephalus*, l'*A. Herveyi* et l'*A. bullatus* au même niveau et au-dessus de ce niveau N.—N., aux Montapins, sur le bord de la Loire.

(1) *Études sur les mollusques fossiles du département de l'Yonne.*

Dans le département du Cher, on observe à peu près les mêmes faits; car on trouve de bas en haut :

1° Oolithe ferrugineuse, au souterrain de Baubard.
2° Couches de calcaire argileux bleu, avec peu de fossiles (terre à foulon).
3° Couches de calcaire argileux jaune, avec *Terebratula digona*.
4° Couches d'argiles bleues, avec *Terebratula digona*, *Collyrites analis*, *Ammonites discus*, *A. bullatus*, *A. macrocephalus*, *A. Herveyi*.
(Les couches 2, 3, 4, forment la grande oolithe.)
5° Couches de calcaires à rognons siliceux, avec *Ammonites anceps*, *Dysaster ellipticus*.
6° Calcaire à chailles.
7° Oxfordien.

Cette succession de couches peut s'observer en suivant le chemin de fer de Nérondes à Bengy.

Dans le département de la Nièvre, l'étage bathonien est bien tranché de l'étage callovien avec lequel il ne peut se confondre. Les couches silico-calcaires forment un horizon aussi remarquable que constant, et font la séparation des étages.

Dans le Cher, les couches silico-calcaires s'amoindrissent, puis disparaissent, et les calcaires à rognons siliceux, appartenant au Kelloway-rock, reposent directement sur les calcaires marneux de la grande oolithe.

En nous reportant vers l'ouest, nous voyons la terre à foulon se modifier successivement. La *Pholadomya Vezelayi*, se maintenant au même horizon, permet de suivre les couches et leur changement remarquable de composition minéralogique. Les couches supérieures de la grande oolithe se poursuivent en se modifiant, le coteau devient moins argileux, les bancs augmentent de puissance. De temps en temps, lorsque les circonstances sont favorables à la production des oolithes, il se forme des couches puissantes comme à Chauvigny. Dans toute cette formation, les eaux ne se maintiennent pas au même niveau, mais des couches minces fossilifères (bancs pourris) viennent indiquer que l'animalisation, au lieu de se répandre uniformément, comme dans l'Est, dans tout l'étage, s'est fait jour d'époque en époque, pour se manifester plus puissante et plus féconde.

En prenant les points extrêmes, la Crèche (Deux-Sèvres) et Warzy (Nièvre), on trouve les différences suivantes :

1° A la Crèche, l'animalisation se localise; l'*A. bullatus* se rencontre, mais rarement, dans les bancs pourris des carrières.

Ce fossile semble disparaître pour se reproduire tout à fait à la fin de l'étage bathonien avec l'*A. macrocephalus* et l'*A. Herveyi* qui deviennent plus abondants encore dans les parties inférieures du callovien.

A Warzy, l'*A. bullatus* se rencontre dans toute l'étendue du bathonien; on le trouve dans tous les bancs en assez grande abondance.

Dans toute la contrée qui sépare Poitiers de Clamecy, l'*A. bullatus* paraît avoir pris naissance au même niveau géologique.

2° Dans le Poitou et dans les Deux-Sèvres, l'*A. macrocephalus* et l'*A. Herveyi* n'existent pas dans la grande oolithe, vers la Grimaudière, car cet étage contient dans cette localité peu de céphalopodes. Ces fossiles ne commencent à paraître que vers Chauvigny et Civray. Dans cette dernière localité, l'*A. macrocephalus* se rencontre dans les calcaires à cassure conchoïdale, dépendant de la grande oolithe.

Je conçois que l'existence de ces fossiles peut, à la première vue, être révoquée en doute dans le département de la Vienne et des Deux-Sèvres, car la limite entre le bathonien et le callovien n'est pas bien tranchée dans ces départements; mais, si l'on se dirige vers l'Est, on voit ces deux fossiles descendre de plus en plus dans l'échelle géologique et devenir presque contemporains de l'*A. bullatus*, comme cela se remarque aux environs de Nevers.

L'*A. macrocephalus* et l'*A. Herveyi* n'ont pas suivi la même marche de propagation que l'*A. bullatus*. Nées dans l'Est, au sein des couches les plus inférieures de la grande oolithe, au-dessus de la terre à foulon, elles se sont propagées lentement vers l'ouest, où on les rencontre à des niveaux supérieurs.

Séance du 25 *janvier* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de MM. Ch. Sainte-Claire Deville et Félix Leblanc,

Mémoires sur la composition chimique des gaz rejetés par les évents volcaniques de l'Italie méridionale (extr. des *Ann. de chimie et de physique*, 3e sér., t. LII), in 8, 63 p.

De la part de M. le professeur A.-F. Noguès, *Études stratigraphiques sur les terrains des environs de Tuchan* (*Aude*), in-8, 40 p. Carcassonne, 1857; chez L. Pomiès.

De la part de M. A. Bravard, *Observaciones geologicas sobre diferentes terrenos de transporte* (dans *La Prensa*, journal de Buenos-Ayres, novembre et décembre 1857).

De la part de M. le professeur Owen, *Description of a small Lophiodont Mammal* (Pliolophus vulpiceps, *Owen*) *from the London clay, near Harwich* (abst. from the *Proc. of the geol. Soc. of London*, may 20, 1857), in 8, 4 p.

De la part de M. H. Falconer, *On the species of Mastodon and Elephant occurring in the fossil strate in England.* Part. 2, *Elephants* (abst. from the *Proceedings of the geol. Soc. of London*, june 3, 1857), in-8, 4 p.

De la part de M. John Phillips, *On some comparative sections in the Oolite and Ironstone series of Yorkshire* (abst. from the *Proc. of the geol. Soc. of London*, june 17, 1857), in-8, 2 p.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858; 1er sem., t. XLVI, n° 3.

Société imp. et centrale d'agriculture.—Bulletin des séances, 2e série, t. XII, n° 8, 1857.

L'Institut, 1858, n° 1255.

Société imp. d'agriculture, etc., de l'arrondissement de Valenciennes.— Revue agricole, etc., 9e année, n° 6, décembre 1857.

The Athenæum, 1858, n° 1578.

The Atlantis, n° 1, jan. 1858, in-8. London.

The american journal, by Silliman, 2th ser., n° 73, january 1858.

Revista minera, t. IX, n° 184, 1858.

M. Michelin annonce, d'après une lettre de M. Suess, de Vienne (Autriche), que le monument de Léopold de Buch est terminé, et que sous peu les souscripteurs recevront un portrait, une vue du monument, un article bibliographique et un mémoire de MM. de Hauer et Hörnes.

M. d'Archiac fait la communication suivante :

En 1852, MM. de Verneuil et Collomb ont fort bien décrit les caractères généraux du groupe nummulitique de la Catalogne. En 1856, M. Vézian y a indiqué cinq divisions à l'ouest de Barcelone, et dans le dernier numéro du *Bulletin* (vol. XIV, p. 374, 1857), il décrit, sous des noms nouveaux, ces cinq étages qui composent son *terrain nummulitique*. Ce sont, de bas en haut, les étages *mont-serrien*, *castellien*, *igualadien* et *manrésien ;* le cinquième ou le plus élevé, formé de grès et de conglomérats, n'a pas reçu de nom particulier. Or, nous pensons que ces dénominations ne sont pas nécessaires, car il est facile de montrer qu'elles désignent les mêmes coupes que nous avons établies en 1855 pour le terrain tertiaire inférieur des Corbières. En effet, de la comparaison de notre terminologie avec celle de M. Vézian, il résulte le tableau suivant :

	GROUPES.	ÉTAGES.	ÉTAGES.	
Terrain tertiaire inférieur des Corbières.	Lacustre.		Grès et poudingues.	Terrain nummulitique de la Catalogne.
	Nummulitique .	Supérieur..	Manrésien	
		Moyen. . .	Igualadien	
		Inférieur. .	Castellien.	
	D'Alet.		Mont-Serrien. . . .	

En procédant de bas en haut, comme M. Vézian, nous voyons son étage *mont-serrien* correspondre au groupe d'Alet, avec cette différence que l'auteur, pour motiver la réunion des conglomérats, des grès et des argiles sans fossiles de cet étage à son terrain nummulitique, y fait descendre les premières couches dans lesquelles se montrent les Nummulites. C'est ce qu'avait déjà fait Tallavignes, entraîné par une autre considération. L'*étage castellien* représenterait l'étage nummulitique inférieur des Corbières, moins les premières couches nummulitiques précédentes; les *étages igualadien* et *manrésien* seraient les équivalents des étages nummulitiques moyen et supérieur ; enfin les *grès* et les *poudingues* sans fossiles, ou cinquième étage de la Catalogne, correspondraient aux poudingues des plateaux et à la mollasse ou grès de Carcassonne.

Nous ne reviendrons pas sur les motifs qui nous ont fait séparer nettement le groupe d'Alet du groupe nummulitique. L'existence d'un ensemble de couches sans Nummulites, placé constamment entre les dépôts que ces fossiles caractérisent et la craie, ou en l'absence de cette dernière sur des terrains plus anciens, est un fait dont nous avons démontré depuis longtemps la généralité. Si, contrairement à nos principes, nous lui avons imposé ici un nom de

localité, c'est que, d'une part, en le désignant seulement sous le nom de *groupe tertiaire inférieur*, nous aurions pu n'être pas suffisamment compris, et que, de l'autre, les noms déjà introduits dans la science, dans divers pays, ne s'appliquent qu'à certaines parties de cet ensemble de couches. Nous n'insisterons pas non plus sur la convenance de séparer du groupe nummulitique le cinquième étage de la Catalogne, qui est évidemment une portion du groupe lacustre surmontant les dépôts marins de la vallée de l'Aude ; mais nous ferons remarquer la similitude frappante des divisions du terrain tertiaire inférieur au pied des versants nord et sud des Pyrénées, similitude de détail qui n'avait pas encore été constatée avec une pareille précision de part et d'autre de cette chaîne.

Pour compléter l'analogie que nous établissons d'après les divisions seules de M. Vézian, et en admettant qu'elles ne soient pas contestées, il est à désirer que la distribution des espèces fossiles dans les trois étages de la Catalogne soit mieux connue, afin qu'on puisse juger jusqu'à quel point elle s'accorde avec ce qu'on observe dans les Corbières. Ainsi, nous savons déjà que les Nummulites, par exemple, y présentent des différences très prononcées. Des 9 espèces que nous connaissons en Catalogne, 3 seulement se rencontrent sur ce versant nord des Pyrénées, et la plus répandue de ce côté manque au sud, où 3 des plus abondantes partout n'ont pas encore été signalées au nord.

Il résulte aussi de ce qui précède que les nouvelles dénominations proposées par M. Vézian pour les divisions du groupe nummulitique doivent disparaître de la nomenclature, comme d'autres qui les avaient précédées. En les conservant, elles auraient l'inconvénient de masquer le synchronisme que ses observations intéressantes ont permis d'établir, ou de faire croire à des différences qui n'existent pas.

Outre que la terminologie que nous avons adoptée est antérieure à celle de ce géologue, et qu'elle a l'avantage de rentrer dans les classifications les plus usitées, elle a encore en sa faveur cette autre circonstance essentielle, lorsqu'on veut établir de nouvelles coupes dans un ensemble de couches, c'est que le dessus et le dessous sont dans les Corbières bien connus et bien complets. Il n'y a point d'hiatus entre les dépôts que l'on considère et ceux qui les ont précédés et suivis. Cette relation normale manque en Catalogne, où l'étage tertiaire le plus inférieur repose sur les calcaires néocomiens. Dans le département de l'Aude, il n'y a aucune incertitude ni à la base ni au sommet, et le groupe lacustre y termine le terrain tertiaire inférieur, en passant sous le terrain

tertiaire moyen, aussi régulièrement que les grès d'Alet succèdent aux marnes crétacées les plus élevées de la série secondaire.

M. de Verneuil, à propos de cette communication, rapporte qu'il a observé sur le mont Serrat une succession d'étages qui ne permet point de considérer le massif de cette montagne comme constitué uniquement par l'étage que M. Vézian nomme Mont-Serrien.

M. Ch. S.-C. Deville lit les conclusions suivantes d'un travail fait par lui en commun avec M. Félix Leblanc, *Sur la composition chimique des gaz rejetés par les évents volcaniques de l'Italie méridionale :*

I. *Fumerolles recueillies sur la lave du Vésuve en* 1855. — Nos nouvelles analyses établissent d'une manière plus certaine ce fait qui résultait déjà des analyses faites sur les lieux : que les fumerolles anhydres et non acides entraînent un mélange d'oxygène et d'azote dans des proportions qui sont sensiblement celles de l'air normal, tandis que les fumerolles qui contiennent des traces de vapeur d'eau, d'acide chlorhydrique et d'acide sulfureux, indiquent un défaut d'oxygène par rapport à l'azote.

Les analyses de Humphry Davy sur les gaz de la lave de 1820 au Vésuve, et celles de M. Bunsen sur les gaz de la lave de l'Hécla en 1845, paraissent se rapporter au dernier genre de fumerolles.

II. *Fumerolles chlorhydro-sulfureuses ou contenant à la fois de l'acide chlorhydrique et de l'acide sulfureux.* — D'après ce qui précède, il semblait naturel de penser que toutes les fois que de semblables fumerolles se dégageaient, non plus de la lave, mais d'un cratère volcanique ou d'une fissure, on trouverait dans les éléments de l'air qui les accompagne des altérations semblables.

C'est, en effet, ce que démontrent d'une manière frappante les nombreuses analyses, rapportées dans notre Mémoire, des gaz entraînés par les fumerolles chlorhydro-sulfureuses au Vésuve, à l'Etna et à Vulcano.

III Les gaz des fumerolles remarquables qui s'échappent du fond du cratère de Vulcano avec ou sans flammes, et qui déposent l'acide borique, le soufre, le chlorhydrate et l'iodhydrate d'ammoniaque, le sulfo-séléniure d'arsenic, des traces de composés phosphorés, etc., est formé d'acide sulfureux et d'air appauvri en oxygène, et accompagné de vapeur d'eau. L'acide carbonique est complétement étranger à ces fumerolles.

IV. *Fumerolles sulfhydro-carboniques, caractérisées par la présence des acides sulfhydrique et carbonique.* — Les émanations de cet ordre ont été, pour la première fois, dans ce Mémoire, signalées parmi celles du cratère supérieur du Vésuve : elles ont lieu d'ailleurs par des orifices distincts de ceux qui émettent les gaz chlorhydro-sulfureux, et qui jouent un rôle tout différent dans la distribution des forces volcaniques.

Cette circonstance établit, comme on le voit, une analogie, restée jusqu'à présent inaperçue, entre certaines des fumerolles supérieures du Vésuve et les émanations sulfhydro-carboniques que M. Boussingault a depuis longtemps fait connaître dans les volcans de la Nouvelle-Grenade. Ces gaz, soit qu'ils aient été recueillis à la solfatare de Pouzzoles, au lac d'Agnano ou à Vulcano, et quelle que fût leur richesse originaire en acide sulfhydrique, n'ont jamais présenté à l'analyse faite au laboratoire de traces de cet acide. Nous nous sommes expliqué la disparition de ce dernier gaz par sa réaction sur l'oxygène de l'air humide qui l'accompagne ; aussi voit-on, dans quelques analyses, le rapport de l'oxygène à l'azote s'abaisser et devenir celui de 11 à 89, par exemple.

Ayant d'ailleurs rencontré dans plusieurs échantillons de fortes proportions d'acide sulfureux, gaz notoirement incompatible avec l'acide sulfhydrique humide, nous nous sommes demandé si cette anomalie ne pourrait pas s'expliquer en admettant qu'au moment même où le gaz a été recueilli, il s'est produit des réactions analogues à celles que M. Piria a réalisées dans ses ingénieuses expériences relatives aux fumerolles.

Les gaz originairement hydrosulfurés ne nous ont jamais présenté d'hydrogène libre, ainsi que M. Bunsen l'a constaté pour les gaz des solfatares de l'Islande.

V. Un fait qui ressort encore de nos recherches est le suivant ; même dans les gaz très riches en acide carbonique, comme ceux de la grotte du Chien, de la grotte d'ammoniaque à Agnano et de la source acidule de Paterno, en Sicile, etc. (gaz ne contenant aucun composé susceptible d'oxydation), les rapports de l'oxygène à l'azote ne sont plus ceux de l'air normal. A Paterno, par exemple, l'oxygène est à l'azote :: 14,3 : 85,7 ; à la grotte du Chien :: 19,4 : 80,6.

VI. *Émanations d'acide carbonique et d'hydrogène carboné de la Sicile.* — Nous avons dû réunir dans un même groupe toutes les émanations gazeuses dans lesquelles domine le carbone. L'ensemble de nos résultats analytiques établit une série de termes dont les extremes seraient formés par l'acide carbonique ou par

l'hydrogène protocarboné purs, et dont les termes intermédiaires indiqueraient des proportions graduellement croissantes ou décroissantes de l'un ou de l'autre de ces gaz (1).

C'est ce que démontre le tableau suivant, dans lequel nous avons résumé la composition de ces gaz, en négligeant les petites quantités d'oxygène, et défalquant les quantités proportionnelles d'azote qui constituent avec elles l'air normal.

	MACALUBE			SALINELLE			SOURCE acidule de Paterno.
	de Kirbi.	de Girgenti.	de Terrapilata.	de Saint-Biaggio.	de Paterno.	du Lago di Nafia.	
Acide carbonique.	0,03	1,25	6,34	69,95	94,53	99,29	98,26
Azote.	1,12	0,35	0,00	30,05	0,00	0,00	1,74
Hydr. protocarb..	97,95	98,40	93,66		5,47	0,71	0,00
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Les analyses chimiques présentaient ici un intérêt particulier en raison de la nature des gaz qui ne pouvaient être étudiés d'une manière rigoureuse que dans le laboratoire. Elles sont venues confirmer les déductions suggérées plus particulièrement par l'étude des conditions de gisement.

Enfin, le gaz de la source de Santa-Venerina nous montre, réunis sur les flancs de l'Etna, les deux gaz hydrogénés dont l'oxydation fournira, dans les solfatares, l'acide sulfureux, le soufre en vapeur, l'eau et l'acide carbonique.

En résumé, l'ensemble de nos analyses et leur discussion nous amènent à considérer un volcan actif, tel que le Vésuve ou l'Etna, comme un centre où viennent converger (suivant un certain nombre de plans stratigraphiquement déterminés) des émanations qui représentent les produits de la combustion de divers composés gazeux.

Nous rencontrons là de gigantesques cheminées d'appel, où l'introduction de l'air atmosphérique opère cette transformation à

(1) Nous n'avons pas rencontré dans ces mélanges gazeux le bicarbure d'hydrogène $C^4 H^4$, signalé dans quelques analyses faites par M. Bunsen sur les gaz rapportés par M. Abich des salses du Caucase, dans le voisinage de la mer Caspienne, analyses rapportées dans le Mémoire de ce dernier savant.

une température très élevée. A mesure que l'on s'éloigne de ce centre d'activité, en suivant la trace de chacun des plans éruptifs, on retrouve, à un moment donné, dans les produits d'émanation, les indices d'une combustion de moins en moins énergique, et des variations du même ordre s'observent, pour un même point d'émanations, à mesure que s'éloigne le moment initial de l'éruption qui lui a donné naissance.

En un mot, et en tenant compte à la fois du temps et de l'espace, nous répéterons que *la nature des émanations fournies par un même point varie avec le temps qui s'est écoulé depuis le début de l'éruption*, tandis qu'*à un moment donné la nature des fumerolles en divers points varie avec la distance au foyer éruptif.*

M. de Verneuil décrit l'état actuel du cratère du Vésuve qu'il a visité peu de temps après le dernier tremblement de terre.

M. d'Omalius-d'Halloy, à ce sujet, fait observer que la fermeture prolongée des soupapes volcaniques est suivie d'effrayantes éruptions ; mais, selon lui, les tremblements de terre ne sont produits que par le mouvement intérieur et non par la sortie des vapeurs souterraines.

M. Deville rappelle que la phase des petites éruptions très rapprochées est caractérisée par la concentration des feux volcaniques dans ce qu'il appelle l'axe éruptif du cône ; on comprend alors que, pendant cette période, la liaison du massif volcanique avec les régions environnantes, au lieu d'être très nette, soit au contraire plus effacée.

M. d'Omalius-d'Halloy fait remarquer que le tremblement de terre n'a pas eu lieu dans le voisinage même du volcan.

M. Deville fait observer que les phénomènes éruptifs ne sont pas toujours en rapport apparent avec les éruptions volcaniques mêmes ; il cite pour exemple la destruction de Stabies lors de l'éruption de 79. Il rattache tous les phénomènes qui tiennent à l'éruptivité à l'existence de grandes fissures ou lignes de soulèvement, dont les volcans ne forment que des points principaux.

Séance du 1er février 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. Clément Mullet, secrétaire, donne lecture, en l'absence de M. Laugel, du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Piquet (Alphonse), ingénieur civil, cité Bergère, hôtel de Batavia, à Paris, présenté par MM. de Wegmann et Viquesnel.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, n° 4.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XIV, n° 84, décembre 1857.

L'Institut, 1858, n° 1256.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée, n° 108, 10e année, décembre 1857.

L'Ingénieur, nouvelle série, n° 1, janvier 1858.

Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, t. IV, 2e cahier, 1857.

The Athenæum, 1858, n° 1579.

M. de Rochebrune, dit M. J. Delanoüe, m'a remis, lors de la réunion extraordinaire à Angoulême, une substance gris bleuâtre, avec prière d'y rechercher l'acide phosphorique. Ce minéral est disséminé en grains de la grosseur d'un pois, dans la craie à *Terebratula pectita*, immédiatement au-dessous de la ville d'Angoulême.

Un essai qualitatif y a démontré l'absence de l'acide phosphorique et la présence, en proportions à peu près égales, du cuivre carbonaté et de la limonite. Rien de plus facile à constater, car la simple addition de l'ammoniaque à froid isole

l'oxyde ferrique, et forme avec le cuivre une dissolution d'un beau bleu.

On distingue à la loupe les deux carbonates de cuivre hydraté et anhydre, vert et bleu, et c'est leur présence dans ce gisement inaccoutumé qui est un fait assez remarquable.

Le reste de l'échantillon analysé est déposé sur le bureau.

M. Benoît fait la communication suivante :

Esquisse de la carte géologique et agronomique de la Bresse et de la Dombes; par M. Émile Benoît (Pl. IV). (p 368)

J'ai l'honneur de mettre sous les yeux de la Société une *Esquisse de la carte géologique et agronomique de la Bresse et de la Dombes*. Avant d'entrer dans les détails descriptifs, je ferai remarquer que les trois étages tertiaires existent dans la Bresse, et qu'on peut y faire des divisions parfaitement distinctes, ainsi que le montre la distribution des teintes assez nombreuses de ma carte. S'il en est ainsi, la Bresse serait restée jusqu'à présent le pays de France le moins connu géologiquement, car, d'après tout ce qui a été écrit et publié, on n'y a encore signalé que le *terrain tertiaire supérieur* et des dépôts erratiques près de Lyon. Les opinions exprimées ont été très contradictoires, sans doute parce que des faits locaux et restreints ont été considérés comme la traduction de toute la formation de la Bresse. Après de longues explorations, la surface de la Bresse est restée pour moi telle que M. Élie de Beaumont l'a décrite sous le nom d'*alluvions anciennes de la Bresse;* mais il y a des divisions à faire dans tout cet ensemble, et il faut en détacher des affleurements qui peuvent être rapportés aux étages tertiaires moyen et inférieur, et dont les détails n'ont pu trouver place dans le travail d'ensemble de la carte de France. Ce sont ces études de détail que j'ai dû entreprendre, et que je viens soumettre à la Société.

Coup d'œil général.

L'étude de la Bresse et de toute cette grande plaine qui s'étend de Lyon aux Vosges ne peut être séparée de celle des massifs montagneux qui l'environnent de toute part, parce qu'il faut tenir compte des mouvements orographiques successifs pour débrouiller l'âge et la succession des divers terrains qui ont comblé la dépression, pour deviner leurs provenances et leurs différents modes de formation.

Après le mouvement orographique du système de la Côte-d'Or de

M. Élie de Beaumont, système dont on retrouve aisément des traces dans la direction et la physionomie de plusieurs chaînes jurassiques du bord oriental de la Bresse, le massif des chaînes du Jura est resté cependant fort peu accusé, si l'on en juge par la profusion des lambeaux crétacés dans tout le massif, par leur grand développement vers l'E. et le S. et par leur concordance absolue et générale avec les strates jurassiques. C'est à la fin de l'époque crétacée que la grande dépression bressanne s'est formée définitivement, pour ne presque plus changer, quand même d'autres vallées tertiaires formées en même temps dans le massif jurassique se sont trouvées plus tard grandement modifiées par de plus récents mouvements orographiques. En d'autres termes, on peut dire que la Bresse a toujours conservé à peu près la même forme géographique, tandis que les Alpes et le Jura se mouvementaient pendant la période tertiaire. Aussi, toutes les couches tertiaires qui ont comblé la Bresse sont-elles restées jusqu'à présent horizontales, du moins quand on les envisage dans leur ensemble, et cette circonstance, jointe à la monotonie des couches superficielles, n'a pas peu contribué à faire dédaigner l'étude de la Bresse, où l'on n'a jamais vu qu'un seul étage tertiaire, le plus récent, qu'on a bien embrouillé cependant. Il serait fort extraordinaire, on le comprendra, que depuis la fin de l'époque crétacée jusqu'à l'époque du pliocène, ou tertiaire supérieur, la grande dépression bressanne fût restée privée de tout sédiment, tandis que des bassins voisins ou contigus, souvent moins importants, auraient reçu les divers dépôts successifs de toute la période tertiaire. Mais il n'en a pas été ainsi. A la fin de l'époque crétacée, les plissements des roches secondaires se sont manifestés suivant des directions qui ne sont parallèles ni aux bords ni à l'axe à peu près N.-S. du bassin bressan, mais qui croisent cet axe sous des angles aigus. C'est ainsi que les chaînes jurassiques du Charollais se rattachent, en passant sous la Bresse, aux chaînes jurassiques de la Haute-Saône ; c'est ainsi que sur le bord oriental de la Bresse, depuis les Vosges jusqu'aux Alpes, on voit les chaînes jurassiques former de nombreuses et profondes échancrures, soit qu'elles se terminent en promontoires plongeant sous la Bresse, soit qu'elles finissent brusquement par un cirque envahi par les terrains de la plaine.

Description des terrains de la Bresse.

Voici d'abord la légende des terrains de la Bresse.

Alluvions { récentes.
terrasses alluviales.

Lehm à coquilles terrestres actuelles.
Sables lacustres isolés.
Limon jaune ou diluvium (vulgairement appelé *terre jaune*, *terre à pisé*, *terrain blanc*, *terre à têtes de clous*).
Dépôts erratiques. . . . . { Jurassique (dans le massif montagneux). Alpin (dans le S. du massif montagneux et dans la Bresse).
Conglomérat de cailloux, sables et graviers.
Mollasse. . { Formation d'eau douce. { Calcaires d'eau douce subordonnés. Argile bleue à lignite. Sables et limons à *Melanopsides*. Argile et sable bleu à lignite.
Formation marine. { Cailloux, sables et graviers subordonnés. Sables et grès marins de la mollasse proprement dite. Poudingues et conglomérats locaux, exclusivement calcaires.
Argiles blanches, jaunes, rouges ou marbrées, et dépôts de minerai de fer sidérolitique.

Pour décrire l'allure de ces diverses couches dans la Bresse, il est bon de partir d'un point de repère bien connu et non constaté, c'est-à dire de la *mollasse marine*, telle qu'on la connaît en Dauphiné, en Savoie, en Suisse et dans le massif jurassique. Elle se retrouve dans la même position dans la Bresse; seulement elle y est presque toujours recouverte par les différentes assises qui lui sont postérieures. Pour la voir, il faut la chercher soit au pied de quelques berges, soit le long des vallées dans les trous d'exploitation des graviers et des sables, soit sur le plateau de la Dombes au fond des puits creusés pour avoir de l'eau potable. Partout où l'on peut la voir, elle montre une stratification horizontale. Elle paraît n'exister que dans la partie méridionale de la Bresse, où elle forme, sans doute par suite de ravinements postérieurs à son dépôt, plusieurs bombements et dépressions sur lesquels les couches de la *formation d'eau douce ou à lignites* se sont déposées en se moulant sur les ondulations de manière à s'amincir en biseaux sur les bombements de cet ensemble de sables siliceux, de grès et de graviers qui constitue ce que l'on appelle généralement la *mollasse marine* dans l'E. de la France. Une chose remarquable, c'est que ces dépressions formées primordialement dans les sables de la mollasse, ont été le moule permanent des dépressions et vallées actuelles de la Bresse, car on voit généralement les couches de sables et d'argiles de la formation d'eau douce prendre une légère pente vers le centre d'anciens bassins où les cours d'eau ont naturellement trouvé un lit tout préparé.

Le classement chronologique, dans l'E. de la France, en Suisse et

en Savoie, des couches supérieures à la mollasse elle-même, est ce qu'il y a de plus controversé encore aujourd'hui. Les difficultés sont, en effet, très grandes surtout dans les vallées les plus voisines des Alpes, qui furent toujours le théâtre d'agitations complexes d'eaux marines, lacustres ou torrentielles, et qui subirent l'envahissement d'immenses glaciers dont le front venait s'étaler jusque sur le plateau bressan. Je crois que quand on connaîtra mieux la Bresse, on verra qu'elle a formé un vaste bassin qui est toujours resté en dehors des grands mouvements orographiques récents, et que tous les phénomènes tertiaires et quaternaires sont venus s'y traduire dans un ordre très simple et à l'abri des nombreuses causes de variation qui se sont successivement manifestées dans les vallées subalpines. Les superpositions de couches sont si évidentes dans la Bresse, et prêtent si peu à l'équivoque, qu'il faudra en faire un type normal, duquel on partira pour explorer les contrées voisines. Mais le cadre de cette notice me permettra rarement de faire des excursions en dehors de la Bresse; je me contenterai de citer quelques faits non contestés et quelques analogies que j'ai pu vérifier moi-même sur le terrain, bien persuadé qu'en tout ceci il est très imprudent de parler avant d'avoir vu.

Le *terrain tertiaire moyen*, ou *miocène* de la Bresse, se compose de la *mollasse marine* sableuse bien connue dans les contrées voisines, et d'une puissante et vaste *formation d'eau douce* formée d'alternances de sables très semblabes à ceux de la mollasse, de couches de marnes avec lignites souvent exploitables, et d'intercalations de calcaires à coquilles fluviatiles et terrestres. Un sujet très délicat d'investigation pour le géologue qui parcourt l'E. de la France, c'est de savoir ce qui s'est passé lorsque le régime des eaux marines faisait place au régime des eaux douces. A cet égard, on peut dire que dans la Bresse la transition a été brusque, autant du moins qu'on en peut juger par les rares affleurements de la mollasse marine, qui se montre toujours immédiatement surmontée par des couches argileuses et sableuses avec coquilles lacustres, fluviatiles et terrestres, ou par le dépôt de cailloux qu'on appelle le *conglomérat bressan*. Il n'en a pas été ainsi vers les Alpes, paraît-il, car ici on rencontre souvent un enchevêtrement très complexe de couches de marnes avec lignites et coquilles d'eau douce, de sables semblables à ceux de la mollasse marine et de lits plus ou moins épais de cailloux et graviers dans lesquels on voit les roches calcaires prédominer en bas vers la mollasse marine, et se mélanger d'autant plus de quartzites et autres roches dures, que les couches sont plus rapprochées de la surface actuelle du sol. Ces intercalations de cailloux et poudingues n'existent pas dans la Bresse; on voit seulement que la partie supé-

rieure des sables de la mollasse marine est normalement intercalée de lentilles de cailloux et graviers où les calcaires abondent, et que l'agitation qui s'est produite lors du retrait de la mer mollassique a déterminé des érosions plutôt que des atterrissements. Cependant il existe dans la Bresse des dépôts caillouteux qui ne peuvent être rapportés qu'à la partie supérieure de la mollasse marine ; c'est surtout dans la vallée de la Reyssouse qu'ils se montrent en lambeaux épars ou masqués par les terrains plus récents. Ces cailloux de la mollasse sont en majorité calcaires, paraissent provenir de la mollasse et ont toute l'allure des remaniements habituels des matériaux meubles. Un fait singulier, c'est qu'ils ont subi une action corrosive qui les a fait s'impressionner réciproquement sur place. M. Lory m'a signalé le même fait dans le Dauphiné, et j'ai eu occasion de le constater dans les cailloux qui avoisinent les couches de marnes à lignites des environs de la Tour-du-Pin, dans ceux qui reposent sur les tranches rongées de la mollasse à la Perte du Rhône, et le long du bord savoisien. Ce phénomène est le même que celui du nagelfluh calcaire du Jura suisse et franc-comtois. Je reviendrai, en parlant des agents de la décomposition et de la dissolution des roches, sur les causes qui paraissent avoir produit ces impressions des galets calcaires et nous verrons qu'elles ont été en fonction après le dépôt de ces mêmes galets. Constatons seulement maintenant que, sur une foule de points de la Bresse, il y a, entre la mollasse et les couches à lignites, des lits de cailloux qui sont miocènes et qu'on a confondus avec ceux du *conglomérat bressan*, dénomination que l'on a appliquée indifféremment à tout ce qui est cailloux et gravier dans la Bresse.

La mollasse marine de la Bresse se rattache parfaitement à la mollasse classique de Saint-Fons, près de Lyon. Ainsi, par exemple, les maisons du faubourg Saint-Clair, au bas de la montée de la Boucle, ont leurs fondations dans la mollasse ; c'est là, en effet, exactement le niveau géographique de Saint-Fons ; et si on monte le chemin à voiture de la Boucle, on remarque, à 4 mètres au-dessus du pavé du faubourg, un banc horizontal de grès mollassique, qui est immédiatement surmonté par cette succession confuse de cailloux et matériaux meubles qui sont venus à toutes les époques tertiaires et quaternaires s'entasser et s'enchevêtrer contre l'antique rivage granitique de la Croix Rousse et de Lyon.

Pour faire comprendre la constitution géologique de la Bresse, j'ai besoin de revenir à ces bombements mollassiques sous-bressans dont j'ai parlé. Le principal se trouve au beau milieu du plateau de la Dombes, où il occupe, à l'E. de Villars, un espace assez vaste, mais fort difficile à circonscrire nettement. Cet espace est la partie la plus

mauvaise de la Dombes, et je vais dire tout de suite pourquoi : c'est qu'il n'y a là, au-dessus des sables perméables de la mollasse, qu'une couche peu épaisse, qui m'a longtemps intrigué, d'un sable gris, siliceux, excessivement fin, à peine argileux, encore micacé, qui, sous l'action d'agents décomposants et dissolvants, devient encore aujourd'hui de plus en plus exclusivement siliceux, car on peut le poursuivre dans toutes les directions et le voir passer sans interruption aux couches normales de la base de la *formation d'eau douce*, lesquelles couches sont à éléments argilo-siliceux avec mélange de calcaire et de silicates non décomposés. Ces couches, qu'il est important de bien connaître, sont d'abord une assise mince d'argile plastique bleuâtre, assez inconstante, qui repose sur la mollasse ; ensuite une couche bleue de sable très fin, argileux, micacé, qui est la plus généralement répandue dans le grand bassin bressan et qui constitue avec la précédente la base de la *formation d'eau douce* ou *à lignites;* au-dessus viennent des *sables* et *limons*, très variables de puissance, qui séparent les deux niveaux où l'on trouve le plus habituellement des lentilles ou amas de gros bois à l'état de lignites. La formation d'eau douce contient aussi des calcaires coquilliers sur lesquels nous reviendrons.

Il est probable que le bombement, ou plateau mollassique de la Dombes, après avoir reçu seulement les premières couches finement sableuses et argileuses de la base de la formation d'eau douce, a formé ensuite une île au milieu du grand lac dans lequel se continuait le dépot de nouvelles couches de sables empruntés aux mollasses, et d'argiles provenant de la décomposition lente des silicates de ces mêmes mollasses. Y a-t-il eu alors abaissement des eaux, ou exhaussement du centre du bassin, c'est ce qu'il est difficile de deviner, car à l'exception du conglomérat, tout dans la Bresse paraît être le résultat d'une formation excessivement tranquile. Remarquons en outre que la Dombes est le point culminant de l'hydrographie de la Bresse ; que c'est sur ce plateau sableux compris entre Villars et Versailleux que naissent toutes les rivières, tant celles qui coulent d'abord vers le Nord, pour s'infléchir ensuite à l'Ouest vers la Saône, que celles qui se dirigent immédiatement dans l'Ain et le Rhône par le Sud-Est. Remarquons encore que de ce plateau les couches d'eau douce, vont également en s'abaissant de toute part jusque dans les eaux de l'Ain et de la Saône, et jusqu'aux basses plaines du nord de la Bresse ; qu'en d'autres termes les cours d'eau sont creusés presque toujours dans ces assises de la formation d'eau douce. Il faut dire aussi que ce plateau de la Dombes n'est pas exclusivement sableux ; il offre quelques lambeaux très restreints de

cailloux qui peuvent être rattachés au conglomérat environnant; quelques pointements de graviers distribués sur son pourtour peuvent aussi être reliés à la mollasse sous-jacente, par leur base sableuse souvent mise au jour dans les trous d'exploitation. Ces lambeaux sont trop peu importants pour qu'on puisse les colorier sur une carte; il en est de même de quelques plaques isolées de ce *limon jaune* que nous verrons bientôt être postérieur au phénomène erratique. Le tout est *encore actuellement* soumis à une action de décomposition et de dissolution sur laquelle nous reviendrons, et qui nous expliquera la disparition des alcalis et du calcaire dans ces terrains de la Bresse.

Poursuivons maintenant l'étude chronologique des terrains supérieurs à la mollasse.

L'ensemble des assises de la *formation d'eau douce* est généralement très uniforme et se compose, abstraction faite de nombreux enchevêtrements, de deux assises bleues d'argile plastique ou sableuse contenant fréquemment des lignites, lesquelles assises sont séparées par des lits de sables siliceux, micacés, calcaires et argileux, très puissants sur les deux bords de la Bresse méridionale. Cet ensemble se poursuit au loin dans le N. de la Bresse; il a été rongé à une époque géologique récente le long de la falaise orientale, ou il forme une berge qui atteint 30 et 40 mètres à partir du cours de l'Ain, berge qui est parfaitement visible depuis Montluel, où elle sort de dessous le conglomérat au niveau de la plaine alluviale, jusqu'au delà de Varambon, où elle s'efface dans ces vagues ondulations de la surface du sol qui font de la Bresse le pays le plus difficile à étudier et à saisir. La formation d'eau douce est donc la plus répandue; elle dépasse à l'O. le cours de la Saône, et touche à l'E. le rivage jurassique; elle pénètre même dans l'intérieur du massif montagneux, ainsi que le montrent des dépôts identiques à ceux de la Bresse distribués dans la vallée du Surand, soit dans le voisinage de Villéversure et Bohas, où l'on a fait des tentatives d'exploitation de lignites, soit à Soblay, où une belle exploitation est en activité; elle a conservé des témoins dans les lambeaux adossés contre la roche jurassique, à Douvres, Ambronay et Saint-Jean-le-Vieux; elle montre la profusion de ses dépôts de lignites dans les exploitations plus ou moins fructueuses qui ont été entreprises, et qui se continuent encore sur une foule de points, tels que Mollon, Priay, Ceyzeriat, Les Maz près Treffort, Saint-Étienne-du-Bois, Lucinge, Beny, Moulin-des-Ponts, Cuisiat, Pirajoux, Le Villard, Beaupont, Domsures, toutes localités que j'ai explorées avec soin et que je cite seulement au milieu de beaucoup d'autres où j'ai trouvé, ou bien où on m'a signalé des couches de

lignite plus ou moins importantes. Les lignites paraissent s'être distribués plus particulièrement sur une bande assez large le long du bord jurassique, mais j'en ai retrouvé bien à l'O., sur plusieurs points, par exemple dans la vallée de la Veyle, où le chemin de fer entame la formation. On sait depuis longtemps que les lignites existent dans les environs de Saint-Amour et Cuiseaux (Jura) et sur plusieurs points de la Bresse châlonnaise. Voilà assez de citations; je pose maintenant ce fait, c'est que partout dans la grande vallée bressanne, les couches d'eau douce sont identiques, et que partout on peut les suivre horizontalement pour constater leur continuité. C'est cette méthode d'exploration que j'ai employée; il est vrai qu'elle est pénible, fort peu amusante et de bien longue haleine; j'y ai consacré près de trois mois de courses consécutives l'année dernière, et antérieurement de nombreuses explorations qui remontent à plus de dix ans de date. C'est dire que j'ai eu tous les scrupules avant d'oser émettre un avis.

Quel est l'âge géologique de la *formation d'eau douce* ou *à lignite* de la Bresse? On a cité, dans la Bresse, comme je l'ai dit, des lignites sur bien des points, des sables presque partout, du diluvium, du lehm, des minerais de fer en grains, des calcaires; on a cité encore pêle-mêle, sans jamais indiquer aucune espèce, des éléphants, des mastodontes, des rhinocéros, des cerfs, des hyènes, etc., et on y a mêlé les coquilles actuelles; le tout à été considéré comme *terrain tertiaire supérieur* ou *pliocène*, puis le silence s'est fait sur tout cet ensemble. Voilà l'histoire.

Voici maintenant la réalité, dans ma conviction du moins, car, je le répète, j'appelle la discussion sur tout ce que j'expose ici.

D'abord, je présente à la Société une dent de mastodonte qui a été trouvée l'année dernière au-dessus et au contact des lignites de Soblay, lesquels sont immédiatement recouverts par une couche de sable argileux renfermant une petite coquille que je présente également. M. Lartet a eu l'obligeance de déterminer la dent en question, et on sait qu'il est compétent en pareille matière; c'est la pénultième molaire inférieure du côté droit d'un *Mastodon tapiroides*, Cuv. M. Lartet regarde ce fossile comme miocène supérieur. J'ajouterai que j'ai trouvé dans le même gisement quelques ossements de rudiments, probablement de cerfs, d'après M. Lartet. Quant à la petite coquille, M. Deshayes, qui a bien voulu l'examiner, la déclare voisine ou identique au *Melanopsis buccinoidea*, Fér. du plaisantin, coquille dont la station pliocène ou miocène ne serait pas encore bien déterminée, mais que je crois miocène. Je ne parle pas des Planorbes qui existent abondamment dans les couches à lignite, parce que je ne puis citer les espèces n'ayant pu en recueillir des échan-

tillons entiers. Le Mélanopside en question est le fossile le plus répandu dans la Bresse, bien qu'il le soit très peu ; il est souvent accompagné d'une autre petite coquille que M. Deshayes, à qui je n'ai pu présenter qu'un seul échantillon, juge être voisine du *Neritina concava*, Fér., également du plaisantin. Ces deux fossiles, avec des Planorbes et autres coquilles minces et ordinairement brisées, se retrouvent dans les sables et argiles à lignite de la falaise de la Bresse, à Loyes et Mollon, par exemple. De ce point de repère, on suit sans interruption les *couches à Mélanopsides* jusqu'à Meximieux et Montluel, où on les trouve immédiatement surmontées d'un calcaire d'eau douce, renfermant des coquilles terrestres que M. Deshayes a eu la bonté d'examiner et qui sont, entre autres, le *Clausilia Terveri* et l'*Helix Colongeoni*, que M. Michaud a décrites sur des échantillons provenant des marnes supérieures à la mollasse marine d'Hauterives (Drôme). M. Thiollière, qui connaît depuis longtemps ce calcaire de Meximieux et Montluel, et qui l'a recommandé à mon attention, a établi d'un autre côté (*Soc. d'agriculture, etc., de Lyon*, juin 1855), que les marnes d'Hauterives sont miocènes; qu'elles se rattachent aux marnes à lignite de la Tour-du-Pin, où l'on a trouvé aussi l'*Helix Colongeoni*, et à celles de Voreppe, où une dent de *Mastodon angustidens* a été trouvée par M. Charvet. Dans le premier bulletin de cette année, qui vient d'être distribué il y a quelques jours seulement, M. Lory établit le même rapport, l'étend dans les limites de sa carte du Dauphiné, et dit (p. 45), que dans les marnes à lignite de Voreppe, on a trouvé des Cérithes, dont une espèce déterminée par M. Deshayes, paraît être le *Cerithium tricinctum*, Brocchi. On peut donc se servir des coquilles qui viennent d'être citées pour raccorder ensemble les divers dépôts d'eau douce de l'est de la France, et pour les placer dans le miocène supérieur. Les coquilles du calcaire d'eau douce de Coligny nous conduiront bientôt à la même conclusion.

La même clarté n'existe pas à l'égard des grands mammifères; leur classement chronologique n'est pas encore fait ; on discute encore sur les espèces. Le retard de la science sur ce point vient uniquement, je crois, de ce qu'on a confondu les terrains et par suite les ossements. Ainsi, par exemple, il existe à l'École des mines une dent de *Mastodon arvernensis* (Jobert et Croiset), qui provient des lignites de la Tour-du-Pin ; ce mastodonte passe pour caractéristique du pliocène, parce qu'on a toujours regardé comme pliocènes les argiles de la Tour-du-Pin et les graviers plus ou moins calcaires et impressionnés qui les avoisinent. J'ai visité dans le temps les gisements des environs de la Tour-du-Pin, préoccupé surtout d'études

stratigraphiques; j'ai maintenant la conviction que les terrains tertiaires du Dauphiné sont absolument semblables à ceux de la Bresse et qu'il y a également continuité avec ceux de la Savoie et de la Suisse, sauf quelques variations dans la composition pétrographique. Je suis en outre convaincu que dans toutes ces contrées la formation d'eau douce ou à lignites constitue un ensemble de couches où il est impossible de faire aucune division ; que cet ensemble se lie intimement à la mollasse et n'en est séparé sur certains points que par un remaniement de sables et graviers, résultat évident du retrait brusque ou intermittent des eaux de la mer mollassique et de l'agitation qui a dû se produire jusqu'à l'établissement définitif du régime des eaux douces. D'ailleurs, dans tout cet ensemble marin et lacustre, les associations dans les faunes montrent une contemporanéité que l'expérience mettra de plus en plus évidente.

Le calcaire de Montluel et Meximieux est blanc ou jaunâtre et paraît dû à des sources minérales; il présente seulement quelques lignes d'une stratification confuse et contient à la base de très grosses oolites qui se fondent dans la pâte; en haut il devient cristallin, puis tufacé et contient de nombreuses empreintes de feuilles d'arbres, de graminées, etc., dont la détermination ne m'est pas encore connue faute d'échantillons bien conservés. Ces calcaires s'enchevêtrent en haut avec les assises sableuses et graveleuses de la base de cet immense dépôt meuble qu'on appelle le *conglomérat bressan* (voy. fig. 1).

Un autre calcaire d'eau douce existe plus au N., à Coligny, et bute horizontalement contre la roche jurassique redressée. Il est blanc, crayeux, avec quelques vagues noyaux de calcaire siliceux, confusément stratifié, intercalé d'argile plastique, et il se prolonge, en devenant grumeleux et marneux, dans la base des argiles à lignites de cette partie de la Bresse. Son niveau est donc inférieur à celui du calcaire de Meximieux, mais toujours dans la formation d'eau douce. Dans les sables qui recouvrent les argiles à lignites de cette localité on a trouvé l'année dernière, au Niquedet, de très gros ossements (fémur, tibia, partie du bassin, vertèbre) qui appartiennent problablement au *Mastodon angustidens*, si j'en crois les rapports d'un ouvrier terrassier qui a vu une grosse mâchoire trouvée en faisant un chemin dans le voisinage de la même localité et qui comparait les dents à des pis de vache. Ceci n'est qu'un indice de peu de valeur, mais cet indice est miocène (voy. fig. 2).

Revenons au calcaire de Coligny. Il contient beaucoup de petites coquilles qu'il est difficile d'obtenir entières ou autrement qu'à l'état d'empreintes. Parmi ces empreintes, que M. Deshayes a eu la com-

plaisance d'examiner, se trouve celle de son *Cerithium Lamarckii*, fossille des calcaires lacustres supérieurs du bassin de Paris. Comment se trouve-t-il dans la Bresse? Probablement, et c'est l'opinion de M. Bayle, que j'ai eu l'occasion d'entretenir à ce sujet, la faune parisienne envoie quelques représentants qui tournent autour du plateau central par la Loire, et montrent des stations bien accusées dans les calcaires d'eau douce de l'Auvergne et de là remontent dans la Bresse. Si cette distribution horizontale d'une faune bien caractérisée venait, comme je le crois, à se confirmer solidement, nous aurions alors un point de repère précieux pour le classement des terrains tertiaires de l'E. de la France et pour leur raccordement avec ceux du bassin parisien. D'ailleurs, si les grandes dépressions de la Limagne et de l'Auvergne méridionale peuvent se rattacher assez facilement, paraît-il, au bassin parisien, d'un autre côté il n'y a pas que le *Cerithium Lamarckii*, Deshayes, qui relie la Bresse à l'Auvergne : il y a, à ce dernier point de vue, d'autres coquilles, entre autres les Mélanopsides, et surtout les faunes des grands mammifères. Si j'ai bien saisi les traits saillants des descriptions de la Limagne et des hautes vallées de la Loire et de l'Allier, il me semblerait que dans l'Auvergne et la Bresse les formations tertiaires ont marché synchroniquement, et, de plus que la pétrographie et la stratification présentent des deux côtés une ressemblance et une succession presque identiques, même pour les trois étages tertiaires. Ainsi, dans l'Auvergne, au-dessus d'argiles bigarrées, que M. Pomel a placées dans l'éocène, il y aurait d'abord des dépôts de sables quartzeux, qui seraient un faible représentant de la mollasse marine de l'E. de la France, et par-dessus viendrait un groupe puissant de calcaires marneux et d'argiles, qui correspondrait à la formation d'eau douce de la Bresse et des bassins contigus. Ce dernier groupe est en Auvergne très riche en Cyrènes, Cypris, Cérithes (*Cerithium Lamarckii* entre autres), Mélanopsides, Planorbes, Lymnées, Hélices, etc. ; plusieurs de ces fossiles ont des représentants dans le bassin du Rhône et dans la Bresse ; tout porte à croire qu'on en trouvera encore davantage en y faisant plus attention et que les espèces identiques se multiplieront dans les terrains que nous essayons de comparer. Pour cette comparaison, c'est surtout la faune des grands mammifères qui peut être d'un grand secours. Mais sur ce sujet je n'ai pas assez de connaissances pour discuter les faunes de l'Auvergne, pays que je n'ai pas visité. Je ferai remarquer seulement que plusieurs grands mammifères d'Auvergne sont miocènes et se trouvent dans l'E. de la France. Des études stratigraphiques sont

encore nécessaires pour établir des coupures systématiques dans les bassins tertiaires éloignés de celui de Paris. En attendant, j'ai une forte présomption que bon nombre de coquilles fluviatiles et terrestres et certains mastodontes, éléphants, rhinocéros et ruminants descendront plus tard du pliocène dans le miocène. On reconnaîtra aussi plus tard qu'il y a eu dans la Bresse et dans l'Auvergne une grande analogie de formation. En Auvergne les calcaires coquilliers et à ossements paraissent dus à d'anciennes sources thermales ; il en est de même dans la Bresse, particulièrement à Coligny. Le calcaire de cette dernière localité est un peu magnésien par places; l'analyse de trois échantillons m'a donné en moyenne 1/2 à 1 p. 100 de carbonate de magnésie. Il est surmonté en un endroit d'un placage d'un minéral singulier, jaunâtre, cireux, se coupant facilement au couteau et dont l'analyse m'a donné (p. 100) : eau de combinaison 23,52, silice 51,76, alumine et oxyde de fer 19,38, chaux 2,93, magnésie 2,56. Le placard que forme cette espèce d'hydrosilicate de magnésie est lui-même recouvert d'un autre placard qui a une composition analogue, mais où la proportion de fer est plus grande et donne une teinte brune à cette roche. Tout annonce donc qu'on a encore un produit d'eaux minérales mises en jeu pendant l'époque miocène, époque qui a aussi produit les émissions bitumineuses des mines d'asphalte de Pyrimont près Seyssel.

D'autres preuves de la liaison de la mollasse marine et de la formation d'eau douce en un seul étage miocène existent dans l'orographie du Jura, où l'on voit l'une et l'autre élevées ensemble jusque sur les plus grandes chaînes. Un bel exemple de ce fait est au bord oriental du val Romey, où la mollasse est prise dans un pli en forme de V, résultant d'un renversement des calcaires néocomiens au pied de la grande faille qui longe le flanc occidental de la chaîne du Grand-Colombier. Un autre exemple aussi remarquable se trouve sur le plateau des Molunes, à une altitude de 1235 mètres, près et à l'O. du cret de Chalam : c'est une combe étroite, de sept kilomètres de longueur à partir du bas de la Combe d'Evoux (Ain), jusqu'à la ferme de La Forge (Jura), laquelle combe est entièrement comblée de mollasse coquillière redressée sur les bords avec les assises calcaires du terrain néocomien ; c'est le lambeau de mollasse le plus élevé que j'aie rencontré ; par ses débris de coquilles, ses dents de squales et ses éléments minéralogiques, il correspond bien évidemment à une assise identique qui se voit à la partie supérieure de la mollasse des environs de la Perte-du Rhône, c'est-à-dire au *Muschelsandstein* des géologues suisses ; sur la montagne comme au bord du Rhône, la

mollasse est surmontée de couches de sables et d'argiles bleues avec mélange de lits de cailloux en majorité calcaires, parmi lesquels on remarque les calcaires noirs des Alpes (voy. fig. 9 et 10)

Pour se rendre compte du mode de formation des terrains tertiaires dans l'E. de la France, il faut absolument faire parallèlement l'étude des mouvements orographiques. Nous venons de voir que les grands relèvements de la mollasse et des couches qui s'y rapportent correspondent avec la fin de l'époque miocène, c'est-à-dire avec le soulèvement des Alpes occidentales décrit par M. Élie de Beaumont; cela veut dire que les grandes chaînes du Jura oriental n'ont pris leur dernier et principal relief qu'à une époque géologique récente. Mais il n'en a pas été de même dans le Jura occidental; ici, chose remarquable, les chaînes et les vallées sont restées sous l'influence du mouvement orographique du système de la Côte-d'Or de M. Élie de Beaumont. Ainsi, la plupart des chaînes qui bordent la Bresse ont une direction très voisine de celle du système de la Côte-d'Or; plusieurs ont fait obstacle à des plissements postérieurs; d'autres ont une physionomie si éraillée qu'on les juge tout d'abord comme les plus anciennes de la contrée, bien que leur relief ait pu être augmenté sur quelques points pendant ou après la période crétacée. C'est ainsi que le grand bassin bressan a conservé de tout temps à peu près la même forme et la même ampleur géographiques; c'est ainsi qu'il a pu recevoir, sans grandes oscillations, les terrains crétacés qui se montrent sur plusieurs points des deux bords de la plaine, puis les terrains tertiaires, qui font le sujet de cette notice; c'est ainsi encore que la Bresse nous présente le type le plus tranquille, le plus normal des formations tertiaires et quaternaires de l'E. de la France.

Cette digression, à propos du classement des couches de la mollasse de Bresse, nous a un peu éloignés de ce sujet spécial; pour y revenir et me résumer, il me suffira de dire que l'étage miocène, tel qu'il vient d'être esquissé, est parfaitement distinct dans la France orientale; que ses deux groupes marin et d'eau douce forment un ensemble dont les caractères paléontologiques sont tous miocènes; que la seule séparation possible est celle qui résulte du passage du régime marin au régime des eaux douces.

Mais avant de quitter ce sujet, il faut dire encore que la limite inférieure de la mollasse marine est souvent marquée dans le Jura et sur les bords de la Bresse par un conglomérat de cailloux exclusivement calcaires et quelquefois plus gros que la tête d'un homme. Ce conglomérat est évidemment, pour moi du moins, le premier produit de l'agitation de la mer mollassique lors de son envahissement dans les vallées subalpines. Dans le massif jurassique, il repose ordi-

nairement sur le néocomien ; dans la Bresse, le long du rivage jurassique, il repose sur et se mêle avec les argiles bigarrées éocènes et d'eau douce, dont il sera question plus loin. Ce conglomérat se placerait ainsi sur le niveau de la *brèche du Tholonet*. Les points où l'on peut l'observer dans une position bien nette sont, par exemple, entre le néocomien et la mollasse coquillère de Saint-Martin-de-Bavel près de la station du chemin de fer d'Arthemart et, au bord de la Bresse, à Sanciat, près Meillonnas, et aussi à l'embouchure du Surand dans la Bresse près de Pont-d'Ain.

Entre les terrains que nous venons de décrire comme miocènes, et les dépôts qui sont franchement erratiques, il n'y a plus rien dans la Bresse que la grande nappe de cailloux, sables et graviers, que l'on a désignée sous le nom de *conglomérat bressan*, et qui est le dépôt que M. Élie de Beaumont a appelé *Alluvions anciennes de la Bresse*, en le rapportant au terrain tertiaire supérieur. Cette classification n'a pas toujours été respectée, bien qu'elle soit la plus naturelle, car s'il y a du terrain pliocène dans la Bresse, c'est bien là sa place. Pour arriver à cette détermination, il faudra apprendre à séparer le conglomérat des couches analogues, remaniées ou non, qui appartiennent a la mollasse, et aussi des dépôts erratiques, qui sont infiniment plus répandus dans la Bresse qu'on ne le croit maintenant encore. Cette étude est absolument nécessaire pour savoir, par exemple, dans quelle couche ont été trouvés les ossements de grands mammifères qu'on a déjà cités plusieurs fois dans la Bresse, et à l'égard desquels je suis fort peu édifié, je l'avoue. Par exemple, il est à l'École des mines une dent d'*Elephas primigenius* et une dent d'*Elephas meridionalis* trouvées à Trévoux en faisant les fondations du pont, la première dans les alluvions de la Saône, la seconde dans un gravier inférieur. D'après M. Lartet, qui a eu la bonté de me donner des renseignements à ce sujet, la première serait quaternaire et la seconde de l'époque pliocène. Mais il existe au Muséum, provenant aussi de Trévoux, une dent désignée comme appartenant au *Mastodon angustidens*, mais que M. Lartet rapporte au *M. arvernensis* (Jobert et Croizet). La première détermination fait croire que la dent provient d'une couche miocène, la seconde d'une couche pliocène. Qu'y a-t-il à faire en pareil cas? attendre que nos maîtres en paléontologie veuillent bien se mettre d'accord, et, de notre côté, poursuivre minutieusement nos études stratigraphiques, qui débrouilleront encore ici des questions si controversées, qu'il semble que personne n'ose les aborder.

Voici quelles sont les allures du *conglomérat*. A partir de Lyon, il se répand dans le N. de la Bresse en deux bandes latérales, puissantes

d'abord, qui vont en s'amincissant pour s'arrêter, l'une brusquement et carrément sur le flanc gauche de la vallée de la Veyle, qui est transversale depuis le voisinage de Bourg jusqu'à la Saône, l'autre vaguement et capricieusement au delà de Bourg jusqu'à Marboz, où la traînée semble finir en pointe par des lambeaux très restreints et isolés n'offrant plus que de menus graviers ou des lames de sables graveleux. Évidemment le transport s'est fait du S. au N., comme une lévigation sur la planchette, si on peut faire ici une comparaison microscopique. Ainsi, du rivage jurassique de Coligny jusqu'à la Saône, la Bresse offre une large bande transversale où on ne trouve aucun caillou. Ceux qu'on rencontre plus au N. proviennent des Vosges et du plateau central.

Dans son ensemble, le *conglomérat* apparaît non pas comme le produit de courants torrentiels ravageurs, mais comme le résultat de l'action d'une grande nappe d'eau agitée par divers courants et remous. Le premier travail de ces eaux a été d'approfondir le tallwedge des vallées préexistantes et de creuser ailleurs des sillons dans les sables et argiles de la formation d'eau douce, en sorte que les nombreux cours d'eau actuels nous transmettraient la tradition de ce qui s'est passé alors. D'un autre côté, c'est un fait curieux qui m'a longtemps intrigué, que celui de l'arrêt brusque des cailloux sur le bord du plateau de la rive gauche de la vallée de la Veyle qui est creusée dans le plateau bressan. Il semble que les cailloux ont trouvé dans cette vallée transversale un obstacle à leur pérégrination vers le N. Cet obstacle aurait réellement existé, si, comme je le pense, la vallée était parcourue par un remous puissant. Ainsi s'expliquerait l'épaisseur des gravières de Bizial et de Béost près Vonnas et le puissant bourrelet de Chanoz et Chaveyriat.

Le conglomérat est-il de formation marine ou d'eau douce? J'y ai trouvé à Mionnay un gros galet calcaire criblé de trous de pholades; mais ce galet était si près de la ligne où le conglomérat passe sans séparation marquée aux dépôts franchement erratiques avec gros blocs, qu'il paraît avoir été transporté comme ces derniers plutôt que charrié par les eaux, car l'orifice des trous de pholades offre encore une arête très vive. M. Thiollière a trouvé ailleurs des galets semblables; M. Fournet a aussi remarqué des corps marins, des débris de coquilles, par exemple. S'il y a eu envahissement momentané d'un bras de mer dans le bassin du Rhône à l'époque de la formation passablement agitée du *conglomérat*, ce fait coïnciderait probablement avec celui de l'émersion d'une grande partie du sol africain, que l'on juge être très récent. Nous reprendrons la suite de cette idée en parlant du phénomène erratique.

Généralement la partie supérieure du conglomérat se mêle et s'enchevêtre tellement avec les matériaux des dépôts erratiques, qu'il est souvent impossible de marquer entre eux aucune séparation. Cela ne veut pas dire qu'on puisse les confondre géologiquement, mais cela signifie que l'on a succédé immédiatement à l'autre et que, comme l'a dit M. Élie de Beaumont, les dépôts avec blocs erratiques résultent d'un phénomène parfaitement distinct.

Quant à l'origine des quartzites et autres roches dures qui abondent dans ces grandes nappes de cailloux et graviers constituant actuellement le conglomérat, les premiers charriages des glaciers, les terrasses alluviales, on la trouvera dans les résidus successivement remaniés de tous les dépôts meubles superficiels atteints de tout temps par une décomposition énergique dont il sera bientôt parlé.

On a beaucoup parlé déjà du *phénomène erratique*, on en parlera encore longtemps avant que tout le monde soit d'accord. D'un côté on nie tout, ou à peu près; de l'autre on fait plusieurs phénomènes glaciaires que l'on distribue successivement sur différentes régions des deux hémisphères, ou dont on superpose les produits dans une même coupe géologique. On se perdrait à discuter toutes les opinions. Il vaut mieux observer les faits matériels, car c'est encore ce qu'il y a de moins connu.

Il existe dans la Bresse des dépôts erratiques de provenance alpine, qui s'avancent jusqu'à Châtillon-sur-Chalaronne et jusqu'à la forêt du Seillon près de Bourg. C'est là un fait nouveau et incontestable, car il ne s'agit pas ici de dépôts vagues, mais de dépôts puissants, ayant tous les caractères glaciaires, c'est-à-dire étant composés d'un mélange de blocs de toute espèce de roches et de toutes grosseurs, anguleux ou émoussés, polis ou striés, dispersés au milieu de menus matériaux, le tout lié par une boue glaciaire très abondante, que l'analyse physique et chimique démontre être le résumé pulvérulent de la trituration de toutes les espèces de roches qui se rencontrent dans le dépôt. De ces deux points extrêmes, les dépôts erratiques de la Bresse peuvent être suivis presque sans interruption jusqu'à Lyon, où on ne les conteste pas et jusqu'aux Alpes, où on retrouve leur origine. On a dit bien des fois que les blocs erratiques des Alpes ne dépassaient pas Lyon, le plateau de la Croix-Rousse et le fort Montessuis. C'est une preuve de plus qu'on ignore encore la constitution géologique de la Bresse et qu'on n'a pas exploré tous les lieux dont on a parlé. Les dépôts erratiques avec gros blocs alpins sont parfaitement visibles sur une foule de points dans toute la partie méridionale de la Bresse, depuis Lyon jusque dans tout le pourtour du marais des Échets; le camp de Satonay est entre deux bourrelets

entièrement formés de blocs et boue glaciaires, et la chapelle du camp est sur le plus élevé; ces bourrelets se multiplient même à l'E. du camp avec un certain parallélisme qui rappelle l'arrangement des moraines. A Mionnay la berge qui borde la dépression où s'est établi le marais tourbeux des Échets, est couronnée par des lignes de gros blocs et menus matériaux passant en bas au conglomérat exploité pour les routes; entre Mionnay et Montanay on rencontre de nombreuses protubérances où l'on exploite également autant les dépôts erratiques avec blocs que le conglomérat; à partir de cette dernière localité ces protubérances se multiplient dans la direction de Châtillon et forment une succession de collines ou une sorte de chaîne surbaissée qui fait un relief de 20 à 25 mètres au-dessus du plateau général de la Dombes; partout ces protubérances sont plus ou moins recouvertes par le *limon jaune* dont nous n'avons pas encore parlé; mais elles sont souvent en exploitation pour le gravier dont on charge les routes, et l'on peut remarquer alors la présence des blocs, ou tout au moins un arrangement et un assemblage de roches que l'on ne trouve jamais dans le conglomérat sous-jacent. A Châtillon on a une coupe parfaitement nette; la vallée de la Chalaronne est là très étroite; la ville touche les deux berges, qui ont 30 à 40 mètres de hauteur; ces berges, surtout la gauche, donnent bien visiblement la coupe suivante : A la base, 25 mètres de lits horizontaux de cailloux généralement quartzeux, alternant de plus en plus en bas avec des lits de sable fin siliceux et calcaire et se terminant nettement en haut par un banc de cailloux souvent agglutinés en un conglomérat; c'est le *conglomérat* dit *bressan* se liant aux sables de la formation d'eau douce; par-dessus vient une épaisseur variable de 10 à 15 mètres d'un dépôt n'offrant aucune trace de stratification et qui est composé en grande majorité d'une boue jaune, à éléments à la fois siliceux et calcaires, arénacés et impalpables quand on les sépare par la lévigation; au milieu de cette boue glaciaire sont disperses des blocs qui ont tous moins d'un demi-mètre cube, qui sont anguleux, quelquefois polis et striés, et qui se mêlent avec des galets arrondis quartzeux ou calcaire, ceux-ci souvent polis et striés, surtout ceux de calcaires noirs, gris ou bleuâtres de provenance alpine. Les diverses roches granitiques, porphyriques et calcaires représentées par les blocs indiquent aussi une provenance alpine. Mais une particularité qu'il faut signaler ici, c'est la boue jaune, très calcaire, et la prédominance, parmi les blocs, de calcaires jaunes ou blanchâtres, spathiques, grenus ou oolitiques, qui rappellent singulièrement la texture et les couleurs spéciales des roches oolitiques

qui s'élèvent de la base au sommet du Mont-d'Or lyonnais. Y a-t-il là un contingent, et les corrosions extraordinaires en forme de larges gouttières du massif jurassique du Mont-d'Or seraient-elles un indice de sa participation ? Ceci est au moins un sujet de curiosité.

Au delà du Marais des Échets, jusque dans les environs de la Saussaie, les travaux qui déblayent le *Limon jaune* superficiel, mettent fréquemment à découvert des blocs et autres matériaux erratiques. A l'est de cette région, le plateau est très uni et n'offre qu'une grande épaisseur de ce limon jaune. Mais on retrouve de gros blocs alpins à la butte de Chalamont, qui fait une saillie de 40 mètres en forme de pain de sucre, au-dessus du niveau général de la Bresse. On a fait au pied de cette butte, dont le noyau est formé de lits de cailloux et graviers semblables à ceux du *Conglomérat*, une rectification de route qui montre dans son talus plusieurs gros blocs encastrés dans une arène boueuse. Une succession de protubérances se remarque au Nord jusqu'à Saint-Nizier ; on y trouve aussi quelques blocs et du gravier (voy. 3 à 8).

Je passe sous silence quelques autres lambeaux isolés, pour arriver au dépôt glaciaire de la forêt du Seillon, à 3 kil. au sud de Bourg. C'est une basse colline, un peu arquée, placée perpendiculairement à la ligne Nord-Sud du rivage montagneux, lequel ne présente aucun indice de matériaux erratiques, jusqu'à Ambérieux, à 22 kil. plus au Sud, où commencent les puissants dépôts qui se relient à ceux du Dauphiné et à ceux qui sont dispersés dans tout le massif des montagnes du Bugey. Le chemin de fer a coupé la colline du Seillon par une tranchée de 15 mètres de profondeur, sans atteindre la base du dépôt erratique, qui est ici parfaitement caractérisé. Il y a trois ans, lorsqu'on creusait la tranchée, les blocs que j'y ai observés étaient réellement innombrables ; quelques-uns dépassaient un mètre cube. Un bon nombre de ces blocs se montrent encore dans la tranchée ; ils offrent à peu près le même assemblage de roches que dans les environs de Lyon, sauf pourtant une plus grande prédominance des calcaires jurassiques et néocomiens provenant sans doute du contingent fourni par les montagnes du Bugey. Les stries ne manquent pas sur ces matériaux, ni sur les cailloux arrondis qui les accompagnent, surtout sur les calcaires noirs des Alpes. La boue glaciaire qui sert de gangue est très abondante et, comme toujours, composée d'éléments arénacés et de particules excessivement ténues, restant plusieurs heures en suspension dans l'eau. Naturellement cette boue est très calcaire. Elle est grise en bas et jaunâtre à la partie supérieure, mais forme une masse sans stratification. Dans la forêt du

Seillon, des blocs percent quelquefois le sol formé du *Limon jaune*. Quelques lambeaux de dépôts erratiques se remarquent au Sud, notamment en face de Pont-d'Ain, et font voir la route suivie.

Tout ce que nous venons de voir d'erratique est le produit d'une immense nappe de glace qui s'alimentait sur les Alpes, venait s'étaler jusque sur la Bresse, butait contre le rivage granitique de Lyon, et refluait vers le Nord, en deux traînées vers Châtillon et vers Bourg. Cette proposition surprendra moins quand on saura que toutes les montagnes du Bugey, qui forment la pointe méridionale du massif jurassique, sont parsemées de blocs et de matériaux erratiques alpins. M. Thiollière a depuis longtemps cité ceux du Molard-de-Don, qui est la chaîne la plus élevée du Bugey (1219 mètres), mais dont le sommet ne paraît pas avoir été atteint par la nappe de glace, puisqu'on ne trouve plus de blocs au-dessus de 1000 mètres environ. La dispersion des matériaux alpins démontre que cette nappe a contourné l'extréminé méridionale du Molard-de-Don, pour refluer, au Nord, vers Bourg, en laissant de nombreux témoins tout le long du pied du massif montagneux du Bugey, notamment à Lagnieu et Ambérieux, où de vastes et puissants dépôts rappellent, par leur mélange confus de blocs métriques, de boue et de galets striés, les Moraines latérales et frontales les mieux caractérisées de l'intérieur des Alpes. Lagnieu est placé entre la montagne oolitique escarpée et un large mamelon boisé, dont la base est de mollasse ici très calcaire à cause du voisinage contemporain de la montagne, et dont la surface et le flanc oriental sont couverts de blocs; un fait remarquable, c'est qu'en travers de la vallée, au Nord et touchant la ville, on observe deux barrages arqués et concentriques, composés de boue et de blocs alpins et jurassiques, se reliant sans interruption aux traînées latérales du pied de la montagne et du flanc du mamelon, disposition qui montre en cet endroit une courte station du front de glace après un retrait brusque du Seillon à Lagnieu (voy. fig. 8).

Le massif du Jura a eu aussi et en même temps ses glaciers propres, qui n'ont mis en travail que des matériaux calcaires; blocs, galets, boue glaciaire, polissage et stries sur les matériaux meubles et les roches encaissantes, moraines latérales et frontales, etc., on y retrouve identiquement tous les phénomènes glaciaires des Alpes. Dans une autre occasion, je traiterai avec détail ce sujet que je ne cite qu'à l'appui de ma thèse actuelle. Les glaciers du Jura ont fait jonction avec ceux des Alpes, sur le bord oriental et méridional du massif montagneux. En 1853, j'avais pu déjà fixer cette ligne de jonction, et dans une communication à la *Société helvétique des sciences naturelles*, réunie à Porrentruy, je m'exprimais ainsi :

« .... Si on cherche à limiter l'espace occupé par les anciens glaciers » du Jura, on voit qu'ils ont envahi toutes les grandes chaînes, depuis » le Rhin jusqu'au Rhône. A ces extrémités, ils étaient en relation » prochaine avec ceux des Vosges et de la forêt Noire d'une part, et » en connexion intime avec ceux des Alpes d'autre part. La limite » de cet espace est facile à dessiner du côté de la Suisse ; elle suit le » pied des grandes chaînes depuis l'extrémité méridionale du Grand-» Colombier jusque près de la fin des chaînes jurassiques, dans le » canton d'Argovie. Du côté de la France, cette limite est difficile » à tracer rigoureusement, parce qu'elle passe dans la région » des chaînes moyennes ; elle paraît faire des sinuosités souvent » très prononcées pour enceindre certains massifs isolément élevés » en dehors de la ligne générale ; celle-ci passe, depuis l'extré-» mité méridionale du Grand-Colombier, ou les localités voisines, à » peu près par Nantua, Oyonnax, Dortau, les chaînes de la rive » droite de l'Ain jusqu'au-dessous de Clervaux, Champagnole, No-» zeroy, Bonnevaux, Pontarlier, et continue vers l'Est pour entourer » l'extrémité orientale du massif jurassique, où l'existence des an-» ciens glaciers est grandement manifestée par les dépôts considé-» rables qui encombrent les vallées de Moutier, de Gansbrunnen, » de Ballstall, par les revêtements erratiques des crêtes du Weisens-» tein, etc. On conçoit qu'en dehors de cette limite générale on » trouve des traces de petits glaciers isolés, permanents ou tempo-» raires. C'est ce que nous avons remarqué sur plusieurs points et » l'étude de ces glaciers restreints, dont la vie n'a été souvent qu'une » continuelle agonie, nous explique l'origine et l'arrangement de » certains atterrissements disséminés, de certains détritus placardés » aux flancs des montagnes plus ou moins éloignées de la région » glaciaire bien caractérisée. Par opposition, certains espaces dé-» pourvus d'indices glaciaires se remarquent en dedans de cette même » ligne générale. On pourrait pousser la limite encore plus au Sud » que le Grand-Colombier, c'est-à-dire jusque sur les flancs du » Molard-de-Don et ceux du Mont-du Chat. »

Cette ligne de jonction s'est confirmée plus tard ; seulement je suis allé de surprise en surprise au fur et à mesure que je voyais le phénomène alpin s'agrandir. Nous avons vu dans la Bresse son immense étendue en surface. Pour s'en faire une idée dans le sens de l'épaisseur des nappes de glace, il faut aller voir à quelle hauteur les blocs granitiques des Alpes se rencontrent sur le Grand-Colombier, dont ils ont un peu contourné l'extrémité méridionale brusquement terminée par la vaste cluse de Culoz, qui livre passage au Rhône. On en trouve depuis la base, qui est à 242 mètres au-dessus de la mer, jusqu'à plus

de 1200 mètres d'altitude réelle, c'est-à-dire à plus de 1000 mètres au-dessus du cours du Rhône; les flancs de la montagne et les plus hautes déclivités du sommet sont placardés de lambeaux de blocs et de boue qui excluent l'idée d'un soulèvement postérieur à leur dépôt, car il en est qui couvrent les deux bords de la faille qui longe le sommet de la chaîne un peu à l'O. et au-dessous de son arête corallienne. Un grand entassement de ces blocs et menus matériaux alpins existe à la ferme Firola, placée à plus de 1200 mètres au-dessus du niveau de la mer, au haut d'un ruz qui est dominé par l'arête corallienne du sommet de la montagne; mais ici on voit que les crêtes ont fourni un contingent de roches calcaires. Au bas du même ruz, à Munet, il existe un puissant dépôt de blocs alpins et jurassiques mélangés de galets striés et de boue glaciaire, qui est placardé jusque assez haut contre la montagne, et qui s'étale sur cette partie méridionale du val Romey (voy. fig. 10).

Mais voilà assez de citations pour le moment à ajouter à ce que l'on connaît déjà du phénomène glaciaire dans le pourtour des Alpes. Son immense développement m'a paru longtemps inexplicable. Après beaucoup de spéculations vaines et de recherches bibliographiques infructueuses, je me suis décidé à suivre la voie la plus sûre, celle par laquelle il faut toujours commencer, c'est-à-dire à m'attacher à l'observation rigoureuse des faits matériels. Pour d'autres comme pour moi, les difficultés d'explication s'évanouiront, je le crois, devant un fait bien simple, qui rentre dans les *causes actuelles* si souvent et si légitimement invoquées, celui de la plasticité et de la fluidité de la glace *glaciaire*, si on peut dire ainsi. M. Éd. Collomb, qui a si bien étudié les glaciers actuels, a fait maintes fois l'expérience suivante, qui est très curieuse : si l'on prend un bloc de glace dans une partie quelconque d'un glacier, et qu'on l'apporte sur la roche voisine, bientôt ce bloc s'affaisse en un gâteau grenu qui prend l'empreinte de la roche sur laquelle il repose. La glace des glaciers est donc bien différente de la glace ordinaire; elle est grenue et mobile; elle commence à se former dans les *névés*. Il est probable que la température toujours voisine de zéro dans le glacier maintient entre la surface des grains solides une couche très-mince moins disposée à la congélation par suite peut-être de dissolutions gazeuses, et que le moindre changement de température liquéfie ou solidifie. Le jeu des grains de glace serait ainsi lubrifié pour obéir à la poussée résultant d'une alimentation continuelle dans les régions supérieures du glacier. Il n'y a plus dès lors entre les anciens glaciers et leurs restes encore actuellement en fonction qu'une question de quantité et de temps, ce qu'on ne marchande jamais au géologue. Ainsi, pour bien

comprendre toute l'immense ampleur du phénomène ancien, il faut se représenter les glaciers de tout le versant des Alpes comme n'en faisant qu'un, ce qui a été presque la réalité, car la dispersion des matériaux erratiques dans tous les contre-forts des Alpes montre que les nappes de glace se divisaient et se ressoudaient suivant les caprices des reliefs, les glaces conservant jusqu'à la terminaison frontale une tendance à se niveler dans toutes les directions déclives et une telle plasticité, que les reliefs formés de matériaux meubles n'ont même pas été dérangés, si ce n'est par une érosion aqueuse qui, naturellement, a accompagné la grande extension des glaciers, et qui a opéré certains remaniements ayant eu aussi leurs phases propres. Il faut aussi se figurer qu'avec le temps et dans des conditions climatériques que nous ne connaissons pas encore, il a pu se former d'immenses masses de glace bien plus facilement et naturellement que de subits et incommensurables torrents que l'on a invoqués pour le charriage des blocs, et dont les sources auraient été dans les cataractes du ciel, à quoi on peut ajouter que les torrents ne produisent ni poli ni stries, et n'entassent pas les blocs avec la boue. Tout au plus y a-t-il eu une coïncidence avec l'émersion probablement lente du continent africain, et du sol de l'Amérique méridionale ; il en serait résulté de grandes évaporations et la création de courants atmosphériques qui auraient fourni aux glaciers pendant un temps sans doute très long une alimentation qui, à la fin, se serait épuisée et aurait laissé le globe dans des conditions très voisines de l'état actuel. Les faunes postérieures au phénomène glaciaire sont caractérisées, ainsi que l'a judicieusement établi M. Lartet, par l'*Elephas primigenius* et le *Rhinoceros tichorhinus* venus d'Asie en Europe par la Sibérie, et par l'*Elephas africanus*, dont l'origine serait au contraire toute méridionale. Ces faunes démontrent qu'en Europe, comme en Amérique, les grands mammifères ont encore trouvé après le phénomène erratique un climat propre à leur développement, ce qui conduit à penser que dans la progression décroissante de la température à la surface du globe le phenomène glaciaire ne figure que comme un accident, qui, je le crois, n'a pas eu de renouvellements, mais des phases d'invasion du N. au S., du pôle vers les régions tempérées.

Ainsi, le striage des roches en place et le transport des matériaux avec blocs erratiques ne sont pas deux phénomènes différents de deux époques séparables, mais bien les deux phases principales du même phénomène ; c'est *le commencement*, qui a été marqué par une brusque formation de grandes nappes de glaces entrant immédiatement en fonction de striage ; c'est *la continuation*, qui a été d'abord et naturellement marquée par un charriage de plus en plus

abondant de matériaux meubles ayant subi de plus en plus le travail glaciaire, et se mêlant de plus en plus avec de gros blocs ; c'est *la fin*, qui a été marquée par des moraines frontales et autres laissées à des stations successives pendant le retrait. Tout est donc semblable partout, sauf des différences d'ampleur selon que les glaciers s'alimentaient dans les régions polaires ou sur quelques chaînes des latitudes européennes. Admettons que la calotte des glaces polaires ait pu prendre extraordinairement une notable augmentation d'épaisseur par une cause quelconque, par exemple par suite de grandes évaporations succédant à l'émersion de vastes surfaces continentales ; supposons que ces glaces accumulées aient eu des *névés*, ce qui est possible, c'est-à-dire qu'elles aient été plastiques et fluides comme celles des glaciers actuels. Alors la loi cosmique de l'aplatissement des pôles n'a-t-elle pas dû peser constamment sur ce bombement anormal, faire couler ces glaces fluides dans toutes les directions méridiennes, les niveler au fur et à mesure de leur accumulation, et cela jusqu'au rétablissement d'un certain équilibre conforme aux conditions exceptionnelles et passagères d'une pareille époque. Si l'on veut bien ne pas marchander sur les questions de temps et de quantité, n'y aurait-il pas là une explication naturelle et bien simple du phénomène erratique scandinave et américain ? Cette extension insolite des glaces arctiques n'a-t-elle pas dû influencer le climat de l'Europe en particulier, et quand même il n'y aurait eu qu'une influence de voisinage, est-il absurde d'y voir la cause peut-être unique des anciens glaciers des Alpes et des principaux reliefs d'Europe ? Dans l'enchaînement de ces phénomènes n'y a-t-il pas une suite normale de fonctions des *causes actuelles*, sauf, bien entendu, l'émersion de vastes surfaces continentales, qu'il est singulier cependant de voir coïncider avec la fin de l'époque tertiaire ? Quand vint le décroissement du phénomène n'y aurait-il pas eu d'abord une immense ablation de nappes de glaces qui aurait fait divorcer le N. d'avec le S., et aurait livré le passage et l'espace d'un côté aux migrations des faunes septentrionales, que M. Lartet appelle Sibériques, et, de l'autre côté aux pérégrinations des faunes méridionales, que M. Lartet voit reléguées aujourd'hui en Afrique ? N'est-ce pas pendant ce temps-là que les anciens glaciers agonisaient sur les Alpes et faisaient place au retour du climat normal de l'Europe, climat qui s'est retrouvé encore convenable aux derniers éléphants d'Europe (*E. primigenius* et *E. africanus*), mais qui a continué la progression décroissante jusqu'au climat actuel ?

Il est temps maintenant de revenir aux terrains de la Bresse.

La dernière couche sédimentaire de la Bresse est un *limon jaune*, bien connu, qui donne partout la *terre à pisé*. J'ai dû l'étudier sur-

ont-ils pas fourni, comme aux couches précédentes, leur contingent de calcaire?

La réponse à ces questions peut être très courte : Le *limon jaune* ou *diluvium* provient d'une lévigation assez tranquille quoique brusque de tous les terrains meubles préexistants et atteints déjà alors par une décomposition très avancée.

Il s'agit ici d'un fait qui s'est généralisé partout, mais que je n'ai vu nulle part aussi net que dans la Bresse. C'est en poursuivant ici d'anciennes études sur la géologie agricole et sur les variations des sols agronomiques, par suite de décompositions et dissolutions de leurs éléments, que j'ai pu constater la perpétuité du phénomène et même une phase de recrudescence d'activité pendant l'époque glaciaire. Je reviendrai plus tard sur ce sujet; voici seulement les faits principaux purement géologiques :

Dans la Bresse tous les terrains meubles perméables présentent une décomposition très avancée, souvent complète, des éléments provenant de roches silicatées; le calcaire a plus ou moins disparu. L'action a été d'autant plus énergique que les terrains ont été plus découverts, c'est-à-dire plus accessibles aux infiltrations aqueuses et aux agents atmosphériques. Cette action décomposante et dissolvante est encore maintenant en fonction et continue à produire des phénomènes toujours identiques. Dans toute l'épaisseur des dépôts erratiques et du conglomérat il n'est aucune de ces roches silicatées qui ait échappé à cette décomposition. Les alcalis, la chaux et les autres terres ont disparu dans les roches granitiques et à la place des feldspaths, il ne reste que de la silice pulvérulente et de l'argile ou du vrai kaolin; la roche se pulvérise dans la main. Les roches à pâtes de silicates, tels que porphyres, schistes anciens, roches de transition, roches métamorphiques, ont perdu les mêmes éléments, sont devenues poreuses et légères, se coupent au marteau quand elles sont pénétrées d'eau et ne donnent plus à l'analyse qu'une grande proportion de silice, quelques centièmes d'alumine et de fer et un peu d'eau de combinaison, résultats, d'ailleurs, très variables d'un échantillon à l'autre.

Or, dans toute la Bresse méridionale, partout ou l'on peut voir une tranche des dépôts erratiques, on remarque que ces dernières roches décomposées dominent à la partie supérieure et que leur décomposition et désagrégation est d'autant plus complète qu'on prend les échantillons en un point plus rapproché du *limon jaune*, avec lequel il y aurait souvent passage insensible si on pouvait faire abstraction de quelques galets perdus dans les résidus ocreux et pulvérulents de la décomposition. Cette relation est si visible dans

les environs de Saint-Marcel, Saint-André, Monthieux, Mionnay, la Saussaie, etc., qu'on ne peut s'empêcher d'attribuer le *limon jaune* à la dispersion des résidus pulvérulents de la décomposition qui vient d'être signalée. Cette lévigation paraît s'être produite par une crue d'eau lors de la dernière fonte des glaciers, c'est-à-dire quand ils se retiraient assez brusquement sur les crêtes des Alpes, après avoir abandonné depuis longtemps la Bresse, puis le Jura et avoir fait quelques stations dans les vallées intérieures du massif alpin. S'il en a été ainsi, on s'expliquerait comment ces eaux passagères mais peu violentes ont remanié dans diverses vallées des matériaux différents à une même époque.

Tout porte à croire que les décompositions et dissolutions des roches ont été plus actives pendant l'époque glaciaire qu'à aucune autre, et cela probablement à cause d'une plus grande condensation d'agents gazeux dans des eaux plus froides. Si, par exemple, ces eaux ont pu se charger d'une plus forte dose d'acide carbonique, on pourra s'expliquer par là la corrosion au point de contact des cailloux de calcaire impressionnés dont il a été parlé, et ces vastes perforations caverneuses que les géologues suisses appellent *karren*, et qu'on remarque fréquemment dans le Jura sur les roches calcaires restées dénudées.

Avant de quitter ce sujet, je dois dire que le *limon jaune* de la Bresse correspond aux nombreuses couches à éléments fins souvent placardées sur les pentes, que l'on a désignées depuis longtemps sous le nom de *diluvium ;* mais on a appliqué cette dénomination à tant d'autres dépôts meubles d'âges différents, qu'il m'a paru préférable de ne pas l'employer seule, afin d'éviter toute espèce d'équivoque dans une classification restreinte uniquement aux terrains de la Bresse. J'appelle ce dépôt superficiel *limon jaune*, tout simplement parce que c'est réellement un limon, d'une origine toute particulière, et parce qu'il est toujours jaune dans la Bresse : le nom importe moins que la position stratigraphique bien définie. Il a dans d'autres contrées des correspondants synchroniques qui n'ont pas tous eu la même origine ou le même mode de formation ; je lui en connais, par exemple, dans toutes les vallées subalpines que j'ai visitées jusqu'à présent, et je puis dire que malgré la grande attention que j'y ai apportée, je n'ai vu nulle part ces dépôts à éléments fins autrement qu'en couches superficielles, toujours superposées aux dépôts erratiques quand ceux-ci existent. C'est dire qu'il n'y a eu qu'un seul et unique phénomène glaciaire, dont on reconnaît les phases d'envahissement et de retrait ; qu'après lui, ou déjà pendant sa décroissance il s'est fait une grande lévigation générale, encore fort peu étudiée, et qu'en-

suite jusqu'à nos jours il ne s'est formé d'autres atterrissements continentaux que ceux qui continuent encore à se niveler dans nos vallées.

Pour terminer l'esquisse des terrains de la Bresse, il me reste à parler des *terrains inférieurs à la mollasse*.

Un sondage fait à Bourg en 1845 pour la recherche d'eaux jaillissantes a traversé le conglomérat à cailloux de quartzites, la formation d'eau douce, la mollasse surmontée d'alternances de galets en majorité calcaires ; ensuite, à 46 mètres de profondeur, il a commencé à traverser une succession de 28 mètres de couches d'argiles blanches, jaunes, marbrées, rouges, brunes, grises, bleues, vertes, sableuses ou intercalées de sables. Toutes ces argiles, dont M. Thevenin, employé à la mairie, a eu la bonne idée de conserver les échantillons, sont ordinairement très pures, plastiques, et ne font pas, ou presque pas effervescence par les acides. A 75 mètres le sondage est entré dans des sables siliceux mélangés quelquefois d'argile bleuâtre, puis s'est arrêté à 100 mètres dans ces sables sans que le résultat cherché ait été obtenu.

Comme on le voit, ces argiles immédiatement inférieures à la mollasse ne ressemblent à aucune autre couche de la Bresse. On les retrouve en affleurement dans les petites vallées où le Sevron prend sa source près de Treffort et Meillonnas, où plusieurs de ces couches sont parfaitement pures et servent à la fabrication d'une poterie excellente. Elles sont ici immédiatement surmontées des marnes bleues à lignites, qui contiennent par places des lentilles de lignites d'espèces identiques aux bois des autres dépôts de la Bresse. Une des couches de ces argiles blanches ou marbrées contient quelquefois de nombreuses petites oolites d'hydrate de fer.

D'un autre côté, des argiles semblables, mais plus sableuses et passablement calcaires ont été traversées par un sondage fait à Pont-de-Vaux, ville placée tout près des bords de la Saône.

Ces argiles forment donc dans la Bresse une nappe souterraine continue, qui varie peu relativement à un plan horizontal. On remarque par exemple dans le lit de l'Ain, près de Priay, une argile smectique blanchâtre qui en serait la correspondance. Il en serait de même d'une couche semblable qu'on voit sous les eaux de l'Albarine à la passerelle d'Ambirieux à Bas. La position stratigraphique de cette assise puissante, la présence à sa partie supérieure d'oolites d'hydrate de fer, ses couleurs variées, tout enfin doit la faire rapporter au terrain tertiaire inférieur. Elle représenterait, même dans la Bresse, le *terrain du minerai de fer pisiforme* de la Haute-Saône, le *terrain sidérolitique* des environs de Montbéliard et du val de Delémont.

Cette proposition se trouve confirmée par l'examen d'échantillons que M. Thiollière a bien voulu me communiquer, et qui proviennent les uns de Curis au pied du Mont-d'Or lyonnais, où des lambeaux sidérolitiques reposeraient à la fois sur la roche de l'oolithe inférieure et sur le lias, les autres des environs de Mâcon, où le dépôt serait absolument identique avec ceux de Delémont et de Montbéliard, savoir : brèche jurassique avec pâte argilo-calcaire englobant des grains de fer pisolitiques ; argiles rouges et bariolées, lustrées ; argiles jaunes ou rouges avec beaucoup de grains de fer à couches concentriques, quelquefois mamelonnés, inégaux de diamètre, les plus nombreux de la grosseur d'un pois. J'ai beaucoup vu dans le temps les minerais de fer des environs de Delémont et de Montbéliard, ainsi que ceux de la Haute-Saône, et je puis affirmer qu'on ne peut trouver une similitude de tous points plus complète que celle que je viens de citer. Je regrette beaucoup que le temps m'ait manqué l'année dernière pour visiter le gisement de Mâcon et le poursuivre dans la Bresse ; c'est une étude intéressante que je signale aux géologues de bonne volonté.

La conclusion à tirer de tout ceci, c'est que tous les *minerais en grains* de la Bresse et de la Haute-Saône seraient éocènes. Mais il faudrait toujours les distinguer d'une autre couche ferrugineuse qui se trouve à la partie supérieure des sables de la formation d'eau douce ou à lignite, supérieure elle-même à la mollasse. Cette dernière couche ferrugineuse, visible sur une foule de points, par exemple sur les premières collines bressanes entre Pont-de-Veyle et Pont-de Vaux, n'offre pas de grains, mais des grumeaux, plaquettes, rognons, blocs caverneux très solides, où l'oxyde de fer et même le carbonate de fer sont plus ou moins purs ou mélangés de sable et d'argile. On voit même encore dans le N. de la Bresse des grains de fer mélangés dans la couche sablo-argileuse de la superficie du sol ; mais alors ces grains sont évidemment remaniés et les relations stratigraphiques indiquent que ce remaniement est postérieur au phénomène glaciaire.

Il est certain que cette même formation d'eau douce éocène, rapportable au terrain sidérolitique des géologues suisses, sera signalée plus tard dans d'autres bassins mollassiques subalpins, et que tout le bassin du Rhône nous montrera un jour ses relations non interrompues avec le terrain tertiaire inférieur de la Provence.

Une dernière observation à l'appui de ce classement, c'est qu'on ne peut rapporter les sables du fond du sondage de Bourg qu'au *grès vert* et au *gault*, dont il existe un des lambeaux plongeant sous la Bresse avec des bancs de la craie chloritée, comme par exemple à Ougney près de la Serre.

Comme résumé, on peut donc dire que le bassin de la Bresse offre,

avec plus ou moins de développement, la série complète des terrains tertiaires et quaternaires.

Je joins à ma notice une planche offrant dix coupes prises sur les points les plus intéressants de la Bresse et du massif jurassique.

M. Hébert, au sujet de cette communication, fait remarquer que M. Benoît place son limon jaune ou loess au-dessus des dépôts erratiques, contrairement à d'autres géologues. En même temps, il montre que M. Benoît place, dans des dépôts postérieurs aux dépôts erratiques les *Elephas primigenius* qu'on croyait généralement antérieurs au phénomène glacier.

M. Benoît répond que le gisement véritable des Éléphants fossiles n'a pas été indiqué généralement avec une précision suffisante.

M. Scipion Gras confirme l'exactitude de la classification de M. Benoît; seulement il fait observer que dans l'Isère il y a au-dessus du limon jaune un dépôt de blocs erratiques qui n'existe point dans la Bresse, et qui marque une deuxième époque glaciaire. C'est entre les deux dépôts glaciaires, par conséquent dans le loess ou limon jaune, que M. Scipion Gras place le gisement des *Elephas primigenius*.

Séance du 15 *février* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. Clément Mullet, secrétaire, lit le procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Guilbert (L.-A.), docteur en médecine, à Noyon (Oise), présenté par MM. les docteurs Puel et Paul Marès.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants*, janvier 1858.

De la part de M. le professeur Ch. Martins, *Promenade botanique le long des côtes de l'Asie Mineure, de la Syrie et de l'Égypte, à bord de l'*Hydaspe, in-4, 32 p. Montpellier, 1858.

De la part de M. G. Dewalque, *Revue des minéraux artificiels pyrogénés, et particulièrement des produits d'usine cristallisés*, par Ad. Gurlt, in-8, 119 p. Paris et Liége; chez E. Noblet, 1857.

De la part de M. le chevalier de Zepharovich :

1° *Die Silur-Formation in der Gegend von Klattau, Prestitz und Rozmital in Böhmen*, in-4, 37 p., 1855;

2° *Die Halbinsel Tihany im Plattensee und die nächste Umgebung von Füred*, in-8, 37 p., 1856.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 5 et 6.

Annuaire de la Société météorologique de France, t. V, 1857, 2e partie, *Bulletin des séances*, f. 6-11.

Annales des mines, Ve série, t. XI, 1re et 2e livraisons de 1857.

L'Institut, nos 1257 et 1258, 1858.

Journal d'agriculture de la Côte-d'Or, no 1, janvier 1858.

The Athenæum, nos 1580 et 1581, 1858.

Jahrbuch der K. K. geologischen Reichanstalt, 1856, VIIe année, nos 2 et 3; VIIIe année, nos 1 et 2.

Neues Jahrbuch, etc., de Leonhard et Bronn, 1857, no 6.

Revista minera, t. IX, no 185, 1858.

Revista de los progresos de las ciencias, t. VIII, no 1, janvier 1858.

The Canadian Journal of industry, science and art (*Toronto*), january 1858.

M. le Président dépose le procès-verbal de la séance extraordinaire à Angoulême.

M. Ch. S.-C. Deville fait la communication suivante :

Note sur la nature des éruptions actuelles du volcan de Stromboli, par M. Ch. Sainte-Claire Deville.

M. H. Abich a publié, dans le *Bulletin de la Société géologique allemande* (t. IX, p. 392), un article fort intéressant sur l'excur-

sion qu'il a faite, en juillet 1836, au cratère de Stromboli. La dernière partie de cet article étant consacrée à la discussion de quelques opinions émises par moi dans une de mes *Lettres sur les phénomènes éruptifs de l'Italie méridionale* (1), je désire présenter ici quelques mots à l'appui de ces opinions. Voici d'abord la traduction textuelle des deux derniers paragraphes du mémoire de M. Abich :

« Les causes encore obscures qui, dans les profondeurs, pous-
» sent perpétuellement à la surface du cratère de Stromboli la
» lave toujours fluide, excluent sans doute expérimentalement
» (*erfahrungsmässig*) la sortie continue de la matière sous forme
» de coulée de lave. Néanmoins, le phénomène de petites érup-
» tions continues, dans lesquelles la lave coule plus ou moins
» abondamment, et peut même, suivant les paroxysmes irréguliers
» du volcan, atteindre les proportions de petits courants qui
» coulent vers la mer, est un fait reconnu et décrit par Spallan-
» zani, Dolomieu et Ponlett-Scrope. Frédéric Hoffmann l'a par-
» faitement et clairement mis en rapport avec toute la physique
» des volcans, et cela n'avait point été, que je sache, mis en doute
» par personne.

» C'est donc avec surprise que l'on trouve, dans une lettre à
» l'Académie des sciences de Paris, où M. Charles Deville expose
» la série de ses importantes recherches sur les phénomènes érup-
» tifs de l'Italie méridionale, la remarque que *Stromboli n'a jamais*
» *donné de lave*. En admettant que l'élasticité du mot *lave* ait
» permis à l'auteur de lui attribuer une acception nouvelle, cette
» assertion pourrait se soutenir sans peine ; mais elle se rattache,
» par l'annexion d'une note, à quelque chose qui, involontaire-
» ment sans doute, est plus que de la polémique contre le der-
» nier explorateur des phénomènes éruptifs de Stromboli. Cette
» note a bien le droit d'exprimer quelque doute sur la réalité
» d'un fait représenté dans une des figures du mémoire de Fr. Hoff-
» mann, figure que l'auteur ne donne que comme une vue idéale
» (ou théorique) ; mais la note admet plus loin une erreur fixée
» graphiquement dans la figure, et explique cette erreur par une
» supposition (p. 3 de la lettre citée) qui, si elle était exacte,
» rendrait cette erreur tout à fait indigne d'un maître consommé
» en fait d'observations, et qui semble au moins prouver que
» M. Sainte-Claire Deville ignore entièrement les droits que Fré-

(1) *Huitième lettre à M. Élie de Beaumont.* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XLIII, p. 606).

» déric Hoffmann s'était acquis à une éminente position dans les » annales de la science de ce côté du Rhin. »

Je me reprocherais en effet vivement d'avoir, si peu que ce fût, diminué le mérite d'un savant aussi distingué que Fr. Hoffmann; mais je pense que, pour écarter le reproche qui m'est adressé à cet égard, il me suffira de reproduire les passages de ma huitième lettre auxquels il vient d'être fait allusion.

Voici d'abord le texte de la note incriminée :

« On ne doit pas s'en rapporter à l'une des figures (d'ailleurs en » général exactes) de Fr. Hoffmann. Ce géologue, dans ce qu'il » appelle une *vue idéale* de Stromboli, indique une très courte » lave sortant du cratère de ce volcan, et se dirigeant sur la pente » nord qui regarde la mer. Je me suis assuré qu'il n'existe rien de » semblable, et je dirai plus loin à quoi j'attribue l'erreur com- » mise par Hoffmann après Hamilton et plusieurs autres obser- » vateurs. »

Enfin, voici l'explication encore plus coupable, à ce qu'il paraît, que je hasarde d'un fait observé par Hoffmann et par moi-même. Après avoir décrit ce que j'ai eu l'occasion d'observer lors de ma seconde visite au cratère de Stromboli, le 14 octobre 1855, j'ajoute :

« Chaque fois que le rideau de vapeurs m'a permis d'y plonger » le regard, j'ai toujours aperçu comme une écharpe de feu qui se » dessinait sur le talus extérieur du cône. Était-ce un petit cou- » rant de lave, comme l'a pensé Hoffmann qui a évidemment été » témoin du même phénomène? N'était-ce pas plutôt une fissure » qui laissait voir l'incandescence au travers des parois du cône » lui-même? »

Si j'ajoute enfin que, dans la série de mes publications, je n'ai jamais manqué de citer honorablement Hoffmann, notamment dans ma deuxième lettre à M. Dumas (1), où je parle de la *précieuse carte* de la Sicile *qu'a laissée Frédéric Hoffmann, de si regrettable mémoire*, on me pardonnera, j'espère, de conserver avec quelque sécurité ma conscience en repos. Je me flatte même que mes explications satisferont complétement la susceptibilité de mon savant ami, et le convaincront que l'on sait rendre aussi bonne justice à Paris qu'à Saint-Pétersbourg aux travaux des géologues allemands.

(1) *Deuxième lettre à M. Dumas sur quelques produits d'émanation de la Sicile.* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, t. XLIII, p. 367).

Ce premier point réglé, voyons si en affirmant que Stromboli, *dans sa forme actuelle* (1), n'a jamais donné de laves, je m'éloigne, autant que le pense M. Abich, de l'opinion des savants explorateurs qui m'avaient précédé sur les lieux. Je cède d'autant plus volontiers au plaisir de citer leurs propres observations, que l'on se contente trop souvent d'accepter sur les opinions de ces grands naturalistes des idées toutes faites et qui ne sont pas toujours bien fondées.

Voici les passages de Dolomieu qui ont rapport à notre sujet. Après avoir décrit (2) l'effet des éruptions de Stromboli, vues de nuit en mer, il raconte son ascension au sommet du volcan et ajoute :

« Du sommet de la haute pointe, on domine sur le cratère en-
» flammé, on découvre tout son intérieur; on lui voit faire ses
» éruptions au-dessous de soi. J'avoue que la première explosion
» que j'observai de ce point de vue m'effraya, je craignais que
» les pierres ne vinssent jusqu'à moi; mais je fus rassuré lorsque
» je vis qu'il s'en fallait de plus de 100 pieds qu'elles ne s'élevas-
» sent aussi haut. Ce cratère, le seul qui serve maintenant aux
» éruptions, est placé, ainsi que je l'ai déjà dit, au N.-O., sur le

(1) On me pardonnera de transcrire encore ici les termes mêmes de ma lettre, car c'est de leur ensemble que résulte le sens véritable de la pensée qu'ils expriment. Voici les autres passages où je traite la même question : « Il ne faudrait pas croire, néanmoins, qu'il n'y ait aucune oscillation dans l'intensité des phénomènes éruptifs de ce volcan. A la vérité, il n'a jamais donné de lave. C'est une limite extrême qu'il ne paraît pas susceptible d'atteindre, au moins sous sa forme actuelle. » Et plus loin : « En comparant ce que je viens de dire aux relations des observateurs qui m'y ont précédé, tout semble indiquer que lorsque je l'ai visité en juillet dernier, Stromboli devait se trouver, à peu de chose près, au plus bas degré d'intensité volcanique qu'il puisse atteindre. D'après les documents historiques comme d'après le témoignage des habitants, ce volcan ne paraît jamais avoir été réduit à ne laisser échapper de son cratère, sans excès considérable de pression, comme l'Etna et le Vésuve entre deux éruptions, que des vapeurs chlorhydro-sulfureuses, ou, comme les volcans de la Nouvelle-Grenade, que des vapeurs sulfo-carboniques, ou même, comme l'Hékla et Fogo, que de la vapeur d'eau entraînant peut-être avec elle une faible proportion d'acide carbonique. Et, comme il ne s'est jamais élevé jusqu'à l'émission d'une lave proprement dite, Stromboli, malgré sa turbulence, n'est, après tout, qu'une bouche volcanique qui, se gardant, pour ainsi dire, des extrêmes, ne s'éloigne jamais beaucoup de l'intensité maxima qu'elle n'atteint cependant jamais. »

(2) *Voyage aux îles de Lipari*, p. 113.

» flanc de la montagne, à moitié de sa hauteur; il est très petit, » je ne lui crois pas 50 pas de diamètre. Il a la forme d'un enton- » noir, terminé en bas par une pointe; pendant tout le temps » que je l'ai observé, les éruptions se succédaient avec la même » régularité que pendant la nuit, et chaque intermittence était à » peu près de sept minutes. Je ne voyais point de flammes, la » clarté du jour la fait disparaître; mais je voyais une bouffée de » fumée blanche qui sortait en même temps que les pierres, et qui » se dissipait dans l'air comme si elle y avait été absorbée. Les » pierres lancées par le volcan paraissaient noires, elles se levaient » en gerbes et elles formaient des rayons divergents; la majeure » partie retombait dans la coupe; elles roulaient jusqu'au fond » du cratère, semblaient obstruer l'issue que s'étaient faite les » vapeurs à l'instant de l'explosion, et elles étaient rejetées de nou- » veau par l'éruption subséquente. Elles sont ainsi ballottées jus- » qu'à ce quelles se soient brisées et réduites en cendres, mais le » volcan en fournit toujours de nouvelles; il est intarissable sur ce » genre de productions. L'approche de l'éruption n'est annoncée » par aucun bruit ni murmure sourd dans l'intérieur de la mon- » tagne, et l'on est toujours surpris lorsqu'on voit les pierres » s'élever en l'air. Le bruit qui l'accompagne est peu considérable. » Celui de la chute des pierres dans le cratère fait presque autant » d'effet. Le volcan était pour lors dans son état le plus calme; car » il est des temps où il paraît plus courroucé, où la fermentation est » plus active, où les éruptions sont plus précipitées et plus violentes; » les pierres sont lancées beaucoup plus haut, elles décrivent des » rayons plus divergents; elles sont jetées à une assez grande dis- » tance dans la mer. »

Ainsi, dans l'intérieur du cratère, point d'apparence de coulée de lave. Dolomieu en décrira-t-il sur la pente extérieure qui regarde la mer? Pas davantage; car non-seulement il n'en a point observé pendant la nuit qui a précédé son ascension, et qu'il a passée en mer à examiner ce curieux spectacle; mais il ajoute plus loin :

« J'ai passé deux fois, il y a quinze ans, à la vue de Stromboli, » pendant un temps de bourrasque violente et pendant la nuit; je » vis alors le volcan faire des explosions plus rapprochées, et dont » l'intermittence n'était pas de deux ou trois minutes. Les pierres » arrivaient à plus de deux cents pas en mer, une flamme rouge et » brillante sortait sans discontinuité du cratère, et elle éclairait à » une grande distance. »

Dolomieu termine ainsi (1) : « Ce volcan, depuis assez longtemps, » ne jette plus de laves proprement dites, mais seulement du sable » et des laves poreuses, noires et rougeâtres. Toutes les laves qui » sont ensevelies sous les cendres, celles que l'on voit dans les » déchirures et celles qui forment des escarpements, sont an- » ciennes. Elles sont la plupart de couleur grisâtre ou noirâtre ; » elles sont pesantes, compactes, et ont une dureté extrême ; elles » contiennent en abondance des schorls noirs (pyroxènes), et elles » sont enveloppées d'une croûte rougeâtre qui annonce un com- » mencement d'altération. »

Bien que Dolomieu se serve ici du mot *lave* dans trois acceptions différentes, il est parfaitement évident qu'il distingue très nettement les produits scoriacés du volcan actuel, *qui ne jette plus de laves proprement dites*, des épaisses assises doléritiques qu'on voit, en effet, dans les escarpements intérieurs, qui y alternent avec des conglomérats et que Fr. Hoffmann a très bien décrites comme constituant un cratère de soulèvement.

Mais, si Stromboli n'émettait point de lave en 1781, peut-être, en 1788, serons-nous plus heureux, et Spallanzani ne manquera pas de nous en faire part s'il les a vues. Interrogeons donc ce grand observateur.

Et d'abord, suivons-le dans le cratère supérieur, et, tout en regrettant de ne pouvoir transcrire ici ces pages émouvantes par leur simplicité même, où il raconte les merveilleux phénomènes qu'il a vus le premier, extrayons-en seulement ce qui nous intéresse.

Après avoir décrit les trois bouches alors en activité, dont une seulement projetait périodiquement ces gerbes incandescentes (2), « ces *laves* qui, en volant dans l'air, faisaient entendre un siffle- » ment, et, ce qui était une preuve de leur fluidité, y prenaient » souvent une forme arrondie, puis avaient le temps de s'endurcir » avant d'arriver jusqu'à terre, où elles roulaient en bondissant » sur les déclivités de la montagne, » Spallanzani ajoute :

« Je devais être content des choses qu'il m'avait été accordé » de voir et de connaître ; mais cette jouissance n'avait fait qu'irriter » davantage ma curiosité. Sur ce tertre où j'étais placé, je cherchais » vainement à pénétrer dans l'intérieur du cratère : j'aurais voulu » porter mes regards jusqu'au fond de l'abîme. En roulant dans

(1) Page 123.

(2) *Voyages dans les Deux-Siciles et dans quelques parties des Apennins*, traduction de toscan, t. II, p. 38 et sqq.

» ma pensée les moyens de me satisfaire, et jetant les yeux autour » de moi, je vins à apercevoir une petite grotte creusée dans un » rocher tout près de la bouche du volcan. Sa voûte solide la dé- » fendait de la chute des pierres, et, pour surcroît de bonheur, son » exhaussement était tel qu'il me semblait que l'observateur, en » s'y réfugiant, pourrait contempler sans obstacle l'intérieur du » cratère.

» Je profite bien vite de cette découverte, et je cours à la grotte » dans un de ces courts instants qui séparent les éruptions. Mes » espérances sont couronnées du plus heureux succès; la nature » laisse tomber son voile, je fixe le gouffre de feu, je porte mes » regards jusque dans ses entrailles. Voici ce qui s'offre à mes yeux » étonnés :

» Les bords du cratère, amas confus de laves, de scories, de » sables, ont une forme arrondie ; leur contour est d'environ » 340 pieds. Les parois intérieures vont en se rétrécissant depuis » le haut jusqu'en bas ; elles représentent un cône tronqué et ren- » versé. De l'est au sud, elles s'inclinent doucement ; elles ont une » extrême rapidité dans leurs autres directions. En plusieurs en- » droits, elles sont incrustées d'une substance jaune qui paraît être » du muriate d'ammoniaque ou du soufre. Le cratère, jusqu'à une » certaine hauteur, est rempli d'une matière embrasée, liquide, » semblable au bronze fondu : c'est la lave elle-même agitée par » deux mouvements très distincts : l'un circulaire, tumultueux, » interne; l'autre agissant de bas en haut. La matière liquéfiée est » soulevée dans le cratère avec plus ou moins de rapidité; parvenue » à la distance de 25 ou 30 pieds du bord supérieur, elle éclate » comme un coup de tonnerre. En ce moment, une portion de cette » matière, déchirée en mille morceaux, est lancée dans les airs » avec une vitesse inexprimable, et un débordement de fumée, » d'étincelles et de sable.

» Quelques instants avant l'explosion, on voit la surface de la » lave se gonfler et former de grosses bulles, dont quelques-unes » ont plusieurs pieds de diamètre. Ces bulles se rompent, et leur » rupture occasionne la détonation et la projection des matières.

» Après l'explosion, la lave s'abaisse, puis elle remonte comme » auparavant; il se fait de nouvelles tumeurs à sa surface qui » crèvent à leur tour avec de nouvelles explosions.

» Quand elle s'abaisse, elle fait peu ou point de bruit; quand » elle s'élève et se gonfle, elle produit un murmure semblable » à celui que fait un liquide qui bout à gros bouillons dans un » vase.

» Quelque faibles que soient les jets, ils sont toujours accom-
» pagnés d'une détonation qui leur est proportionnelle. S'ils échap-
» pent, par leur petitesse, à l'œil du spectateur placé à quelque
» distance, son oreille en est avertie par le bruit qui les suit.

» Les matières de ces faibles éruptions retombent dans le
» gouffre, et leur collision avec la lave liquide produit, comme je
» l'ai observé plus haut, un son semblable à celui que rendraient
» plusieurs bâtons qui frapperaient à plat la surface de l'eau.

» Comme la lave monte et descend alternativement dans le
» cratère, suivant qu'elle s'enfle et se désenfle, elle y laisse un vide
» qui diminue ou augmente dans la même proportion. La profon-
» deur de ce vide, dans le premier cas, est de 25 à 30 pieds; dans
» le second, de 45 à 50. Il paraît donc que le plus grand exhausse-
» ment de la lave est de 20 pieds. Quand on dirige les yeux au
» niveau du cratère, on ne s'aperçoit point qu'elle en surmonte les
» bords, *encore moins qu'elle forme des courants sur la pente de la*
» *montagne.* »

Ces derniers mots pourraient me dispenser de toute citation ultérieure; mais je ne puis résister au plaisir de transcrire encore le passage suivant (1) qui a pour nous un double intérêt; car, non-seulement Spallanzani y discute la réalité des courants de lave dont il s'agit, mais on y verra aussi que le contraste entre les formations doléritiques anciennes de Stromboli et les produits de son cône actuel d'éruption ne lui avaient pas plus échappé qu'à Dolomieu :

« Les plus grands amas de sable sont dans le voisinage du volcan,
» où il tombe le plus fréquemment; mais sa ténuité le rendant très
» mobile, il est transporté par les vents dans les gorges et dans les
» lieux les plus bas jusqu'au bord de la mer. Partout où il est ré-
» pandu, il ne forme, pour ainsi dire, que l'écorce du sol. On
» retrouve au-dessous la charpente de l'île, composée de laves
» solides : cela est surtout manifeste dans certaines côtes rapides
» mises à nu par l'écoulement des eaux pluviatiles ou par l'action
» des vents.

» J'employai ainsi le reste du jour à faire le tour des bases de
» Stromboli qui ont environ 9 milles de circonférence. J'y décou-
» vris partout la même solidité de structure, excepté dans un
» coin au nord où le tuffa existe et se prolonge jusqu'à la mer.

» J'étudiai avec attention la direction, la disposition des laves,
» et je vis clairement qu'elles avaient toutes coulé, sous divers

(1) *Ibid.*, p. 17 et sqq.

» angles d'inclinaison, de la cime la plus élevée de la montagne ;
» que ces écoulements formaient autant de couches distinctes po-
» sées les unes sur les autres, et, si je puis me servir de cette com-
» paraison, se recouvrant comme les lames d'un oignon. Là où
» elles plongent dans la mer, on découvre en plusieurs endroits
» ces doubles couches, dont quelques-unes ont été disjointes ou
» séparées par le choc des flots. Je soupçonnai dès lors que le cra-
» tère ou le principal foyer du volcan existait anciennement sur
» la pointe de la montagne, d'où sont sorties les laves qui ont con-
» couru à la formation de l'île.

» Sur les flancs de l'Etna et du Vésuve, on voit s'élever des
» monts d'un ordre inférieur qui sont les produits du feu. Strom-
» boli ne présente qu'une montagne unique, dont le sommet est
» divisé en deux parties. Il paraît donc que ses flancs n'ont pas été
» déchirés par des éruptions latérales, par celles qui forment les
» monticules coniques.

» Mais ce cratère supérieur, dont je prouverai bientôt l'antique
» existence, a depuis longtemps été remplacé par celui qui brûle
» actuellement. Entre les diverses questions que j'ai faites aux
» insulaires, je leur ai demandé quelle était la situation précise du
» gouffre qui, dans leur souvenir le plus éloigné, jetait des flammes
» et lançait des pierres brûlantes : tous m'ont assuré l'avoir tou-
» jours vu où il existe aujourd'hui, c'est-à-dire vers la moitié de la
» hauteur de la montagne.

» Quant aux éruptions, les insulaires m'attestèrent unanime-
» ment qu'elles ne sont point différentes aujourd'hui de ce qu'elles
» étaient autrefois, plus ou moins fortes, suivant les circonstances.

» On peut donc, sur la foi de ces témoignages, établir avec
» quelque fondement que, depuis plus d'un siècle, le volcan de
» Stromboli brûle dans son cratère actuel, sans avoir éprouvé de
» changements remarquables.

» C'est ici le lieu de rapporter les observations du chevalier
» Hamilton, comme je l'ai promis dans mon introduction. Voici ses
» propres expressions : « En revenant de Messine à Naples, nous
» fûmes pris au milieu des îles de Lipari par un calme qui dura
» trois jours, et j'eus l'occasion de reconnaître avec certitude
» qu'elles doivent toutes leur origine à des explosions. Celle qui
» s'appelle *Vulcano* se trouve dans le même état que la Solfatare.
» *Stromboli* est un volcan qui jouit de toute sa vigueur, et con-
» serve par conséquent une forme plus pyramidale que les autres
» îles. Il lançait fréquemment par son cratère des pierres embra-

» sées, et nous vîmes quelques laves qui, sortant des flancs de la » montagne, coulaient dans la mer. »

» Cette description est accompagnée d'une planche gravée qui » est la trente-septième de ses *Campi phlegrei*. Elle représente la » montagne de Stromboli, sur la cime de laquelle est figuré le cra- » tère lançant des flammes et des pierres embrasées. On voit couler » sur ses flancs des laves fondues qui descendent jusqu'à la mer.

» Tout ce que cet ambassadeur anglais a écrit sur l'histoire natu- » relle des volcans mérite sans doute la plus grande considération; » c'est le sentiment que m'inspire la lecture de ses ouvrages; mais » l'impartialité qui doit être la devise de la philosophie, m'oblige à » dire que sa description ne s'accorde nullement avec le fait. Il n'y » a eu qu'un intervalle de vingt années entre ses observations et les » miennes; si, de son temps, le cratère de Stromboli avait été » placé au sommet de la montagne, et que de là il eût lancé ses » feux et ses pierres embrasées, comment les insulaires l'eussent- » ils oublié en répondant à mes questions? Mais loin de là, quand » je leur ai dit que vingt ans auparavant un voyageur avait raconté » que la bouche du gouffre était alors située, non vers le milieu » de la montagne, mais à sa cime, ils se récrièrent contre l'inexac- » titude de ce récit.

» Et quand je leur ajoutai que le même voyageur avait vu des » laves s'écouler par les flancs de la montagne et venir se perdre » dans la mer, ils rejetèrent également cette vision. Ni moi non » plus, je ne saurais comprendre comment ces courants de laves » auraient pu se dérober à mes recherches, après en avoir fait de » si scrupuleuses pour découvrir leurs traces.

» Je crois qu'Hamilton ne s'est trompé que pour avoir vu » Stromboli à quelque distance en mer, où une illusion d'optique » pouvait facilement l'induire en erreur. »

Quelque élasticité qu'on attribue au mot *lave*, il me paraît difficile d'extraire des expressions de Spallanzani la preuve que ce grand observateur crût le moins du monde aux coulées sortant du cratère actuel et se dirigeant vers la mer.

Il ne me paraît pas nécessaire maintenant d'insister beaucoup sur les remarques faites, au printemps de 1819, par M. Poulett-Scrope, sur les phénomènes éruptifs de Stromboli; car, en ce qui regarde le cratère supérieur, ce savant géologue dit positivement (1) qu'il eut alors l'occasion de vérifier l'exactitude des cir-

(1) *Considerations on volcanoes*, p. 17.

constances rapportées par Spallanzani : « Les phénomènes observés par le professeur italien ont encore lieu, dit-il, d'une » manière exactement semblable. »

Et quant aux petits courants de lave, il ne paraît pas leur attribuer non plus une grande probabilité, si l'on en juge par l'extrait suivant de son ouvrage (1) :

« Le volcan de Stromboli est dans un état d'éruption continue, » et il y a des raisons de penser que ces conditions ont toujours » existé, au moins depuis deux mille ans. Les fluides élastiques » s'échappent d'une manière continue et par explosions successives » du même évent, sans doute au fur et à mesure qu'ils sont en- » gendrés par la masse subjacente de lave en ébullition *qui ne* » *déborde jamais les lèvres de l'orifice*, et qui n'est que bien rare- » ment, si elle l'est jamais, émise autrement que sous la forme » de scories projetées. »

La réserve avec laquelle l'auteur exprime sa pensée prend évidemment sa source dans un scrupule qui lui est suggéré par une assertion, qui lui paraît à bon droit fort douteuse (2), des pêcheurs de Stromboli.

Mais lorsque dans le même ouvrage (3), l'auteur cherche à expliquer les phénomènes éruptifs de Stromboli, il ne tient compte que de la projection des scories, et insiste, comme d'ailleurs l'avait fait Spallanzani, sur la profondeur qu'acquiert immédiatement le fond de la mer tout près du rivage, qui n'offre pas plus aujourd'hui de traces de courant de laves qu'il n'en présentait du temps de Spallanzani (4).

---

(1) *Ibid.*, p. 6.

(2) Voici cette assertion que M. Poulett-Scrope ne rapporte qu'en note : « S'il faut en croire leurs récits, dit-il, la face abrupte du cône, » qui tombe presque perpendiculairement de l'orifice volcanique vers » la mer, s'ouvre quelquefois dans les tempêtes de l'hiver, et décharge » un courant de lave dans la mer, dont les eaux sont chauffées et déco- » lorées, et dont les poissons sont détruits au point d'arriver à la côte » presque bouillis. » Il est inutile de discuter cette assertion qui n'a été répétée à aucun des observateurs qui ont visité l'île, et qui n'est nullement confirmée par l'observation. — *Ibid.*, p. 7.

(3) Page 53.

(4) Une circonstance pourrait en imposer, sous ce rapport, aux voyageurs qui se contenteraient de jeter un simple coup d'œil en passant en canot à proximité du pied du talus de débris. La couverture de fragments scoriacés est interrompue, à quelques mètres au-dessus de la plage, par plusieurs assises régulières de lave, coupées brusque-

Nous trouvons encore un autre témoignage de ce qu'étaient les phénomènes éruptifs de Stromboli dans les premières années de ce siècle dans les écrits de l'abbé Ferrara : et ce dernier témoignage est précieux, car il émane, non plus d'un voyageur qui passe rapidement, mais d'un observateur né et vivant sur les lieux, puisque Ferrara, professeur à Palerme, avait longtemps habité Catane, connaissait parfaitement l'Etna, et a décrit les îles Éoliennes qu'il a visitées plusieurs fois.

---

ment. Au premier abord on pourrait penser que ces assises sont les restes de laves rejetées par le cratère actuel, dans la position même où elles se trouvent, et l'on en pourrait conclure que des courants sont susceptibles de s'arrêter ainsi, sur une certaine épaisseur, le long de pentes qui atteignent, comme ici, jusqu'à 40 degrés. Mais, si l'on met pied à terre, et si, bravant la petite avalanche de pierres rejetées par le volcan, on examine la chose de plus près, on ne tarde pas à reconnaître que ces assises percent, sur plusieurs points de la largeur du cône, le manteau de scories qui les recouvrent : de sorte qu'on ne peut douter qu'elles ne se poursuivent au-dessous avec une parfaite régularité. Ce qui exclut déjà la supposition qu'elles appartiendraient à des courants de lave ; car, sur une pente aussi considérable, ces dernières ne pourraient constituer, pour me servir de l'expression de M. de Humboldt, que des *bandes étroites*.

Mais il y a plus, en allant aux deux limites latérales du petit cône de scories, et en examinant la structure des escarpements abruptes qui la bordent de chaque côté, on reconnaît aisément, sur chacun de ces murs verticaux, la prolongation des assises démantelées qui figuraient au-dessous de la masse des scories. De sorte que ces assises appartiennent évidemment à l'ensemble des innombrables couches doléritiques qui constituent la charpente de l'île, comme dit fort bien Spallanzani, charpente qui est ici entaillée sur une certaine profondeur, par la fissure où s'est établie la bouche actuelle, et que ses petites éruptions continuelles ont à peine pu recouvrir de quelques mètres de scories.

Hoffmann avait évidemment reconnu la liaison que je signale ici entre les laves démantelées et les assises voisines ; aussi, dans la *vue théorique* (*ideale ansicht*) qu'il donne de Stromboli, il est obligé de colorier de la même manière le cône de débris et les deux murailles qui le limitent, c'est-à-dire, de considérer ces dernières comme des laves émanées du volcan actuel. Mais la position relative, les pentes, tout s'y oppose ; et il suffira, pour se convaincre qu'il y a là deux phénomènes distincts, de jeter les yeux sur la *vue réelle* de ce côté du volcan donnée par M. Abich dans son intéressant mémoire.

Dans un travail où je publierai le détail de mes observations sur Stromboli et sur les autres îles Éoliennes, je me propose de revenir avec quelques développements sur ce que je ne fais qu'énoncer ici.

Voici le passage où il traite des phénomènes éruptifs de Stromboli (1) :

« Toutes les traditions que l'histoire nous a conservées sur » Stromboli ont trait aux vapeurs, aux flammes, aux lapilli et aux » blocs incandescents qui sont rejetés par son cratère. Il paraît que » depuis les premières éruptions de laves qui ont formé l'île, le » volcan s'est borné à ces continuelles projections de cendres et de » scories qui constituent toute la partie supérieure de Stromboli... » Le travail du volcan est incessant, et, à des intervalles de quel- » ques minutes, un violent courant de vapeurs lance souvent à » 500 pieds de hauteur perpendiculaire, ces matériaux qui, peu » de moments auparavant, roulaient dans les cavités du cratère... » Les scories enflammées retombent en partie dans le cratère, en » partie dans la mer, mais une grande quantité roule sur le plan » incliné qui des bords du cratère descend jusqu'au niveau des » eaux..... »

Enfin, l'intéressante note publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (2) par M. de Quatrefages, *Sur l'état du cratère supérieur de Stromboli en juin* 1844, fournit une nouvelle preuve qu'il y a une certaine variabilité dans les phénomènes éruptifs du volcan, mais elle établit clairement aussi l'absence complète de toute émission de matière sous forme de coulée.

En définitive, et tout compte fait, si l'on exclut les trois lignes consacrées à Stromboli par Hamilton, au moment où il passait en mer en vue du volcan, et le récit très suspect, et, dans tous les cas, absolument isolé, fait à M. Poulett-Scrope par des pêcheurs de cette île, il n'y avait, lorsque j'écrivais ma huitième lettre, qu'un seul témoignage sérieux, celui d'Hoffmann, qui signalât la sortie d'un courant de lave par l'orifice du cratère actuel.

Depuis lors, M. Abich est venu apporter à cette opinion une grande autorité, et il me reste maintenant à rechercher dans quelle limite les faits rapportés par ces savants géologues sont en contradiction avec la pensée qui a inspiré ma lettre sur Stromboli, ou, pour mieux dire, l'ensemble de mes lettres sur les phénomènes éruptifs de l'Italie méridionale.

Citons aussi les deux passages des mémoires dont il s'agit :

Écoutons d'abord Hoffmann (3) : « Ce que nous avions observé

---

(1) *I campi flegrei della Sicilia et delle isole che le sono intorno*, dell' abate Fr. Ferrara. Messine, 1810, in-4, p 240.

(2) Tome XLIII, p. 610.

(3) *Annales de Poggendorff*, t. XXVI, p. 12.

» du point où il a été question plus haut n'était incontestablement » qu'une fente latérale, accidentelle et imparfaitement fermée par » la masse de lave qui se meut dans l'unique canal qui sert à cette » sorte de pompe ou de presse à vapeur, située dans l'intérieur de » cette singulière montagne. En effet, 100 pieds plus bas environ, » et là où le fond du cratère s'approche le plus de la pente de la » montagne vers la mer, se trouvait le troisième des orifices » mentionnés précédemment, et il en coulait doucement et régu- » lièrement un petit courant de laves qui s'avançait lentement, » en descendant sur la pente, tantôt se divisant en plusieurs » branches, tantôt ne formant qu'une seule bande incandes- » cente, comme une source qui jaillit du sommet d'une colline » qu'elle a construite elle-même de ses dépôts; mais nulle » part on ne voit plus distinctement cet épanchement continuel » de lave que d'en bas, lorsque, par un temps calme, on na- » vigue en canot le long de cette côte inabordable, et l'on » observe alors ce qui a été si souvent décrit et figuré que j'ose » à peine ici ajouter quelques mots sur ce remarquable phéno- » mène. La pente du côté intérieur du cratère actuel d'éruption » est à la fois la plus abrupte et la plus régulière de toutes celles » qui forment le pourtour de l'île. Elle est formée de haut en » bas par un amas conique de matériaux meubles qui ont roulé » les uns sur les autres, et qui sont le produit des éruptions con- » tinuelles, et elle est bornée à l'est et à l'ouest par des crêtes de » rochers qui, vers le haut, vont se rattacher au bord intérieur » du cratère. Sur la surface de cet amas de débris, qui recouvre » évidemment une fente dans le flanc de la montagne, s'avance » lentement, sur d'innombrables aspérités, le courant de lave in- » cessant dont j'ai parlé plus haut; mais il n'atteint que très rare- » ment, et seulement lorsque le volcan est dans un état d'effer- » vescence extraordinaire, la base de la montagne au niveau de la » mer. Comme la masse de cette lave qui coule perpétuellement » est presque toujours très faible, il en résulte que son extrémité » s'arrête le plus souvent à une grande hauteur au-dessus du » niveau de la mer par l'entraînement des croûtes scorifiées qui » se renouvellent toujours à sa surface. Celles-ci, à peine encore » durcies, se séparent de la masse, et se précipitent avec bruit et » en bondissant sur la pente rapide jusqu'à la mer. »

Malgré toute l'estime que je professe avec M. Abich pour les travaux d'Hoffmann, j'avoue qu'il m'est difficile de concevoir un courant de lave qui, *s'écoulant perpétuellement pendant des années entières*, n'aurait jamais pu produire à la surface du cône qui la

supporte qu'un ruban de 75 à 80 mètres de longueur, et si peu volumineux qu'il est impossible (je l'affirme pour l'avoir, comme Spallanzani, inutilement cherché) d'en découvrir de jour aucune trace, de sorte qu'il ne serait visible que la nuit, à la faveur de son incandescence. Rien de tout cela ne me paraît en rapport avec la physique des volcans.

Il ne m'est pas plus possible d'admettre, avec le savant et regrettable géologue de Berlin, que les blocs scoriacés, qui, à des intervalles réguliers, roulent à la surface du cône de débris et atteignent la mer, se détachent de cette masse problématique de lave et la détruisent ainsi avant qu'elle se consolide; car, s'il y a une circonstance sur laquelle il y ait unanimité complète, c'est que ces scories ne sont autre chose que le résultat des projections du petit cratère supérieur. On entend les explosions, on voit la gerbe incandescente dans les airs, et l'on en distingue parfaitement quelques rares, très rares fragments qui, au lieu de retomber dans la coupe d'où ils sont sortis, en dépassent les bords, et roulent en bondissant sur le talus rapide qui les mène à la mer.

J'ai visité, en trois circonstances différentes, le cratère de Stromboli. Une fois seulement, en octobre 1855, j'ai observé aussi comme une écharpe de feu qui sillonnait le flanc du petit cône du côté qui regarde la mer. Je crus moi-même d'abord à l'existence d'un petit courant de lave, mais l'invariabilité des dimensions de cette bande incandescente, la netteté avec laquelle elle se terminait inférieurement, enfin l'analogie frappante qu'elle présentait avec ce que j'avais eu, quelque temps auparavant, l'occasion d'examiner sur les petits cônes parasites du Vésuve en éruption, ne me laissèrent bientôt aucun doute sur sa nature. Je suis resté convaincu, comme je l'ai dit dans ma lettre précitée, que c'était simplement une fissure incandescente ouverte, dans les parois du cône lui-même.

Évidemment, un observateur placé en mer eût aperçu, sur la face antérieure du petit cône, quelque chose que rendrait passablement le croquis dessiné par M. Escher, et qu'Hoffmann a donné comme une représentation théorique du phénomène de Stromboli.

Il me reste, enfin, à faire voir que rien de ce que j'ai dit précédemment ni de ce que j'ai avancé dans mes lettres sur les phénomènes éruptifs n'est en opposition avec ce qu'a observé lui-même en 1836 et publié en 1857 mon honorable et savant contradicteur.

Voici dans son entier le passage du mémoire de M. Abich, où il est fait mention de ces curieux phénomènes :

« De temps en temps avait lieu l'émission d'une petite coulée de » lave par une fente qui se trouve tout au-dessous du bord du » cratère, ainsi qu'un faible déversement, par-dessus les bords du » cratère, de la lave qui s'y élevait, puis rentrait dans les canaux in- » térieurs, et marquait ainsi la fin de ces régulières effervescences. »

Plus tard, l'intrépide explorateur, ayant profité de circonstances exceptionnellement favorables pour descendre (ce que personne n'avait encore pu faire) dans le fond du cratère intérieur, il remarqua, entre autres circonstances, que « les croûtes de scories à » moitié refroidies dans les dépressions cédaient çà et là ; que la » lave liquide sortait par les fentes, et s'étendait comme une pâte » sur une partie de cette noire couverture. »

Comme on le voit, il y a ici deux choses distinctes. A la vérité, il y est toujours question, en très peu de mots, de ce même petit courant de lave sortant d'une fissure du côté septentrional du cratère ; mais le judicieux observateur se garde bien de décrire ce qu'il n'a certainement pas vu, le mouvement de cette lave sur la pente extérieure; il se garde surtout de rien figurer de semblable sur le dessin réel et non plus théorique qu'il donne de Stromboli, et, tout en restant fidèle à la vérité, il se tire spirituellement d'embarras en mettant à l'ombre d'un nuage le point où devrait paraître cette petite lave si controversée.

Combien, au contraire, il est plus à son aise dans le fond même du cratère, et dans cette fournaise embrasée où l'entraîne une heureuse témérité! Comme on voit bien avec lui, du milieu des pièces mobiles de cet opercule du volcan, sourdre avec une certaine lenteur la masse visqueuse et s'étendre à ses pieds!

En lisant cette description, il me semblait assister de nouveau à ce que j'avais vu dans le cratère supérieur du Vésuve au mois d'août 1856, et que j'avais cherché à rendre sur les lieux mêmes dans le passage de ma *sixième lettre à M. Élie de Beaumont* que je demande la permission de reproduire ici :

« Au centre du cratère, l'accroissement d'intensité se manifeste d'une manière éclatante. Au fond du gouffre que j'ai décrit dans ma dernière lettre, et dont la profondeur, d'après une mesure de M. Bornemann, atteint 156 mètres, s'est ouverte une petite bouche qui donne, à des intervalles assez inégaux et quelquefois très rapprochés, de fortes détonations, suivies de projections de matières incandescentes. Du bord de cette immense cavité, bord sillonné de fissures menaçantes et perpétuellement en proie à d'énormes éboulements, nous avons pu, en nous penchant avec un sentiment d'émotion difficile à maîtriser, suivre dans toutes leurs phases ces

petites éruptions que nous avons saisies à leur début; car le cône de scories qu'elles commencent à former a presque doublé pendant notre séjour sur la cime, et les détonations, qui étaient assez faibles d'abord, nous ont semblé aussi avoir acquis une plus grande force. Chacune de ces éruptions était annoncée par un accroissement d'incandescence autour du centre du petit cône. On voyait ensuite la matière visqueuse intérieure se boursoufler lentement et subir un mouvement d'oscillation très doux, et puis tout à coup une explosion sèche se faisait entendre, et était immédiatement suivie par la projection de fragments scoriacés qui, s'accumulant autour de la petite bouche, constituent les premières assises d'un cône d'éruption. J'ai très nettement observé un petit fait assez curieux : au milieu des fragments d'un médiocre volume qui, placés au-dessus de la masse visqueuse, en suivaient les mouvements, se distinguait un gros bloc dont le poids trop considérable ne lui permettait pas d'être projeté avec les autres; il était seulement rejeté sur le côté, où il restait immobile jusqu'à ce que le ramollissement intérieur dont j'ai parlé venant à atteindre le point où il gisait, il participât de nouveau aux mouvements alternatifs du bain de matière fondue; mais, s'il arrivait qu'il se trouvât au centre de la petite bouche au moment de l'explosion, la projection, au lieu de se faire en ce point central, se déterminait toujours un peu plus loin, de sorte qu'il paraissait y avoir alors deux centres d'émission dans ce cône en miniature. Cette circonstance, toute secondaire qu'elle est, dépeint assez bien, ce me semble, le phénomène, en même temps qu'elle donne la mesure des forces qui étaient employées à le produire. »

« Quoi qu'il en soit, ajoutai-je, voilà enfin l'*axe éruptif* arrivé à coïncider entièrement avec l'*axe de figure* du grand cône du Vésuve, ou, comme je l'ai dit ailleurs, et c'est par là que je terminerai, ou plutôt que je résumerai en un seul mot la pensée qui domine cette trop longue note : voilà *le Vésuve actuellement dans la phase strombolienne.* »

A l'appui de la communication intéressante que vient de faire M. Deville, M. Virlet fait observer que se trouvant, vers la fin de février 1829, à bord de la frégate *la Cybèle* qui le transportait avec la Commission scientifique de Morée, elle est restée deux jours en panne ou en louvoyant en face de Stromboli, ce qui a permis aux membres de cette Commission de pouvoir observer tout à leur aise les éruptions du volcan qui se mani-

festaient dans le jour par de petits nuages de vapeurs, que les marins dans leur langage transformaient en fumée, en disant: *Viens-t'en voir Stromboli qui fume;* et la nuit, par l'incandescence des matières projetées, mais sans aucune apparence de coulée de lave, ce que cherchait surtout à reconnaître le colonel Bory de Saint-Vincent, depuis longtemps familiarisé avec les phénomènes volcaniques de l'île Bourbon. M. Virlet ajoute qu'il a noté dans son journal de voyage les dires de quelques marins qui se trouvaient à bord de la frégate, et qui, ayant navigué précédemment dans les îles Éoliennes, assuraient d'après leurs propres observations, ou plutôt d'après l'opinion généralement reçue dans le pays, que le volcan de Stromboli n'était pas un volcan comme les autres, comme le Vésuve, par exemple, parce qu'il ne laissait jamais couler de lave.

Quant aux intermittences, M. Virlet a observé qu'elles ne se faisaient pas à des intervalles parfaitement réguliers, mais qu'ils variaient entre cinq et sept minutes, rarement plus; que les jets qui avaient lieu à la suite des intervalles les plus longs étaient généralement les plus forts, mais qu'il lui avait paru cependant que cela n'avait pas toujours lieu ainsi. Nous avons cru quelquefois entendre, dit-il encore, le bruit des explosions, surtout la nuit, mais la chose n'est pas bien certaine, et s'explique d'ailleurs par le plus ou moins de distance du navire.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Alexandre Spada Lavini :

M. C. Puggaard, dans l'excellent mémoire qu'il vient de publier sur la péninsule de Sorrento (*Bull.*, 2e sér., t. XIV, p. 294), me fait l'honneur de me nommer, en ajoutant que je *confonds* les marnes coquillières, selon lui, très récentes de l'Epomeo, avec les marnes subapennines (voy. la note p. 336). Vous vous rappelez que pendant notre long séjour à l'île d'Ischia, nous y avons observé deux dépôts coquilliers, c'est-à-dire : 1° des marnes argileuses qui recouvrent les tufs de l'Epomeo jusqu'à la hauteur de 1550 pieds, et dont les couches suivent toujours la même direction et les mêmes degrés d'inclinaison des couches du tuf, et 2° un conglomérat volcanique qui se trouve stratifié en bancs presque horizontaux le long de la côte, entre la ville d'Ischia et la pointe du Lacco. Ce conglomérat, qui contient une très grande quantité d'espèces de

coquilles semi-fossilisées, et toutes appartenant à des espèces vivantes, je le considère comme pliostocénique et synchronique du dépôt coquillier de Pozzuoli, du conglomérat ferrugineux de Porto-d'Anzo, comme aussi de la partie la plus récente de la *Panchina* du littoral de la Toscane; mais pour les marnes de l'Epomeo, il n'y a pas à douter, suivant moi, qu'on doive les regarder comme tertiaires, pliocéniques Elles ont la forme lithologique des assises supérieures de nos marnes subapennines, forme qui est toujours exactement la même dans les marnes d'Asti, de Siene, des Marches, de Rome, etc., etc., et tout à fait différente, pour des yeux bien exercés, de celle de toutes les autres roches marneuses de l'Italie. On a trouvé dans ces marnes un petit nombre d'espèces de coquilles vivantes, mais elles contiennent en très grande quantité le *Buccinum semistriatum*, Br.; le *Murex vaginatus*, Br., et la *Terebratula bipartita*, Br., aussi, n'y sont pas rares. Ce sont trois espèces regardées par les paléontologues comme éteintes et pliocéniques. Or, le *Buccinum striatum* est très répandu dans les couches supérieures de nos marnes subapennines dans les Marches d'Ancône, Macerata, Fermo, Ascoli; il en est de même pour les deux autres, quoique le nombre des individus soit moindre. En parcourant le grand dépôt des marnes dans les Marches, il ne serait pas difficile de rencontrer des endroits où toute la faune serait représentée par le *B. semistriatum*, mêlé à quelques autres espèces de coquilles qui se trouvent encore à l'état vivant dans la mer Adriatique ou dans la Méditerranée, comme, par exemple, le *Pecten varius*, L., la *Mactra triangula*, Ren., la *Corbula gibba*, etc., etc. Est-ce qu'on pourrait conclure pour cela que dans lesdits endroits ces marnes cessent d'être du pliocène? C'est le cas identique des marnes de l'Epomeo.

Je ne me rappelle pas ce qu'a dit M. Filippi à propos de l'âge des marnes de l'Epomeo. Quant à mon ami le savant professeur Scacchi, dont l'autorité est invoquée contre moi par M. Puggaard, voici textuellement ce qu'il dit dans son mémoire intitulé: « Notizie geologiche sulle conchiglie fossili dell' isola d'Ischia..... » ritornando sul qui esposto, nell isola d'Ischia esistono tre ma» niere di depositi conchigliferi. Il primo composto di marne » argillose *appartiene alla formazione terziaria*, e si trovo sparso » in più luoghi dell' isola fino all' altezza di 505 metri.....» Dans cette citation au moins, ce ne sera pas moi qui fais la confusion!

J'ajouterai, quoique ceci soit contre moi, que ces jours passés j'ai eu le bonheur de faire des excursions dans les environs de Rome avec sir Charles Lyell, et nous avons eu de

longues discussions sur l'âge des marnes époméennes qu'il croit aussi plus jeunes que je ne le suppose ; mais avec tout le respect que je professe pour l'illustre géologue anglais, je persiste à croire avec M. Scacchi que ces marnes doivent être regardées comme tertiaires, et j'ajoute, comme appartenant à l'assise supérieure des marnes subapennines, et que ces marnes, en recouvrant les tufs d'Ischia, sont à leur tour recouvertes par les tufs des Champs Phlégréens. Ainsi les tufs de l'Epomeo doivent s'être déposés au fond de la mer durant la période de la déposition des marnes inférieures subapennines (zones 1, 2 du professeur Ponzi), et en conséquence je les considère comme plus anciens que ceux des Champs Phlégréens qui appartiennent à une autre période postérieure, c'est-à-dire à celle de la déposition des sables jaunes (zones 3, 4, 5 du professeur Ponzi) ; et enfin les tufs de la Campagna Romana sont les plus récents, parce que ce sont eux qui recouvrent les sables jaunes, comme on le voit à Monte-Mario, près de Rome et ailleurs. Restent à classifier les conglomérats volcaniques coquilliers d'Ischia, Pozzuoli, Porto d'Anzo, qui ont été composés par un remaniement des fragments des roches volcaniques préexistantes, et dont l'émersion, jusqu'à la hauteur d'environ 40 mètres du niveau de la mer actuelle, est due à un soulèvement uniforme, et relativement très moderne, qui s'est opéré le long d'une grande partie du littoral de la Méditerranée. Mon savant ami M. le général de la Marmora vient de publier une très belle carte où ces dépôts sont marqués jusqu'à Gibraltar. Comme je l'ai déjà dit, je les crois synchroniques de la partie la plus récente de la *panchina* de Livourne et d'autres endroits de la Toscane.

La force volcanique qui a produit toutes ces immenses quantités de matériaux n'a jamais cessé d'agir. Après l'émersion des tufs de l'Epomeo, des Champs Phlégréens, de la Campagna Romana, c'est-à-dire lorsque notre péninsule avait acquis à peu près sa forme actuelle, les éruptions subaériennes antéhistoriques ont succédé aux éruptions submarines. Ce sont elles qui ont produit le cône de lapilli et autres matières éruptives incohérentes du mont Rotaro, et le cône de lave trachytique du Montagnone à Ischia, la grande masse de lapilli, scories, laves des montagnes du Latium, où l'on voit aussi les traces d'une *éruption boueuse* dans les peperinos d'Albano, qui se sont épanchés jusque sur la plaine de la Campagna, recouvrant les tufs lithoïdes, et enfin les éruptions du Vulture et des petits cônes isolés de Pofi, Richienna, etc., etc.

Toutes ces éruptions volcaniques antéhistoriques furent suivies de celles dont l'homme a été le témoin ; ce sont celles du Cre-

nate, du mont Nuovo, de l'Etna, du Vésuve, des îles Éoliennes, etc.

Je résume la chronologie de nos roches volcaniques qui, selon ma manière de voir, est prouvée par leur ordre de superposition dans le tableau ci-joint n° 1. L'autre tableau (n° 2) comparatif des zones pliocènes fossilifères de l'Italie centrale, je le dois à l'obligeance de mon ami le professeur Ponzi qui a bien voulu me le communiquer, quoiqu'il soit inédit, et destiné à faire partie du travail qu'il publiera avec ceux de MM. le comte de Rayneval et Van den Hecke.

Tableau des roches volcaniques de l'Italie dans leur ordre de superposition.

DÉPÔTS VOLCANIQUES, STRATIFIÉS, MARINS.

Tufs lithoïdes, stratifiés, de l'Epomeo, contemporains de l'assise inférieure des marnes et sables subapennins (pliocène inférieur, zones 1, 2, 3 du professeur Ponzi) et inférieurs à l'assise supérieure desdites marnes (zone 4 du professeur Ponzi).

Tufs lithoïdes, stratifiés, des Champs Phlégréens, supérieurs aux marnes subapennines et contemporains des sables jaunes (supérieurs aux zones 1, 2, 3, 4 du professeur Ponzi, et contemporains de la zone 5).

Tufs stratifiés de la Campagna Romana, supérieurs non-seulement aux marnes, mais aux sables jaunes (supérieurs aux zones 5, 6 du professeur Ponzi).

Conglomérat volcanique coquillier, produit par le remaniement des roches préexistantes le long du littoral, et synchronique de la partie supérieure de la panchina de Livourne et d'autres endroits de la Toscane (quaternaire de M. le général de la Marmora, schisteux des professeurs Savi et Meneghini).

DÉPÔTS SUBAÉRIENS ANTÉHISTORIQUES.

Éruptions des laves, lapillis, scories, peperinos, d'Ischia, des montagnes du Latium, du mont Vulture, Pofi, Richienna, etc., etc.

DÉPÔTS ACTUELS.

Éruptions éteintes du Crenate, du mont Nuovo, et actuelles de l'Etna, du Vésuve, des îles Éoliennes, etc.

Tableau des zones fossilifères du pliocène de l'Italie centrale, selon leur ordre de superposition.

PLIOCÈNE.

Zone 1re. — Marne vaticane : marne plastique du Vatican à Rome,

des collines de Bretta, près d'Ascoli, du mont Falerne, dans les Marches, etc., avec *Cleodores*, *Pholadomyes*, *Argonautes*, etc. (formant un passage entre le miocène et le pliocène).

Zone 2e. — Marne de Fornello, près de Monticelli, etc.: marnes argileuses, parfois arénacées, des Marches et des Abruzzes, près de Colonnella, contenant *Pecten cristatus*, Br., etc., etc.

Zone 3e. — Sables et grès quartzeux de Fornello, Cornetto, Vitriano, avec *Hinnites Cortesi* Defr., *Balanum tintinnabulum*, Lm., *Buccinum polygonum*, Br., etc.

Zone 4e. — Sables jaunes de Monte-Mario et marnes supérieures de Grottomare dans les Marches, avec *Buccinum semi-striatum*, Br., *B. prismaticum*, Br., *Cardium hians*, Br., *Panopæa Faujasi*, *Ostrea foliosa*, Br., *Mactra triangula*, Br., *Corbula gibba*, Br., etc., etc.

Zone 5e. — Sables jaunes supérieurs d'Acqua Traversa, etc., avec *Cardium rusticum*, Ch., *Pecten varius*, Lm., *P. opercularis*, Lm., *Ostrea edulis*, Lm., etc., etc.

Zone 6e. — Conglomérat de fragments roulés des roches apennines des environs de Rome et dans les Marches, avec ossements d'*Éléphants*.

PLIOSTOCÈNE.

Conglomérat marin qu'on trouve le long du littoral de la Méditerranée, composé de roches apennines roulées, mêlées avec des sables amphigéniques et leucitiques, contenant *Ostrea edulis*, Lm., *Cardium rusticum*, etc. Conglomérat fluviatile de Ponte Molle, formé des mêmes roches, et contenant des ossements roulés d'*Éléphants*, *Rhinocéros*, *Hippopotames*, *Cerfs*, *Chevaux*, etc., des ossements *non roulés*, et des squelettes de mammifères vivants, comme, par exemple, *Meles linx*, *Ursus*, etc. Dépôts lacustres (travertin) de Tivoli, d'Anagni, d'Ascoli, etc., avec ossements de *Bos primigenius*, *Lions*, *Cerfs*, *Hyènes*, etc., etc.

M. Deshayes fait observer que, dans les fossiles d'Ischia, il n'a trouvé aucune espèce éteinte.

La discussion s'engage sur la position des terrains tertiaires des environs de Rome, sur la découverte qu'on y a faite d'un éléphant fossile.

M. Lartet fait observer qu'on n'a pas encore eu la preuve de la présence d'*Elephas primigenius* en Italie, mais que cet éléphant serait plutôt celui d'Afrique que l'on retrouve en Espagne et que l'on a retrouvé également en Allemagne, et que ces rapports zoologiques seraient le résultat d'une communication ancienne de l'Afrique septentrionale avec l'Espagne.

M. Hébert fait observer que les décisions prises sur les

coquilles marines sont beaucoup plus certaines pour la classification des terrains que celles qu'on base sur la présence des mammifères.

La discussion s'engage entre MM. Hébert, Lartet, Michelin, sur la propagation des espèces sur de grandes distances littorales.

M. de Verneuil fait observer qu'en Sibérie les éléphants deviennent plus communs à mesure qu'on se dirige vers le nord.

M. Lartet fait observer que la faune quaternaire de l'Europe centrale est venue de la Sibérie par une migration postérieure au grand phénomène erratique du Nord.

M. Deshayes cite les faunes terrestres de Sainte-Hélène, de l'Océanie, comme étant toutes spéciales à ces deux localités.

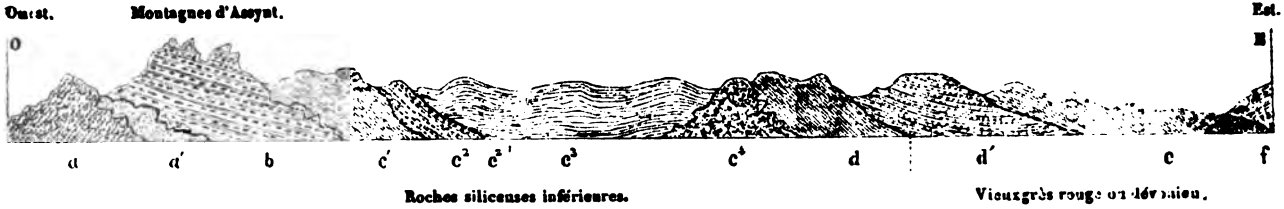
M. Élie de Beaumont lit la lettre suivante de M. Murchison, sur une nouvelle classification des terrains de l'Écosse.

Londres, 1er février 1858.

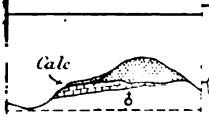
Je vais donner mercredi à notre Société géologique une vue tout à fait nouvelle de la structure du nord de l'Écosse, et qui change entièrement toutes les cartes antécédentes de mon pays natal. La découverte de fossiles du silurien inférieur dans les quartzites et calcaires cristallins qui forment la *base* d'un grand système de micaschistes, roches chloriteuses et quartzeuses, jette toutes ces masses dans le silurien métamorphisé, et, pour vous tenir au courant, j'ajoute une coupe transversale à travers Sutherland Ross et Caithness, laquelle vous suffira sans autre explication de ma part.

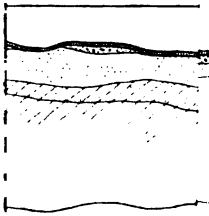
Vous voyez que le changement est immense. Tout le grès rouge ou pourpré des montagnes du nord-ouest des Highlands (C) est clairement de l'âge du Longmynd, et est couvert transgressivement par les couches fossilifères du Llandeilo inférieur. Les espèces sont celles de l'Amérique du Nord.

Toute cette série cristalline est recouverte par le vieux grès rouge des côtes orientales de l'Écosse, composé de trois parties distinctes : *d'*, *e*, *f*. M. Hugh Miller a eu tort de placer sa zone poissonnière à la base du vieux grès rouge. Ces poissons se trouvent en Russie mêlés avec les coquilles fossiles du Devonshire, du calcaire de l'Eifel et du Boulonnais. La véritable base du dévonien, ce sont les grès et schistes à gros *Spirifer* du Rhin (rhénan de Dumont), et le grès rouge à *Cephalaspis* et *Pteraspis* forme la base du vieux grès rouge. Ces deux dépôts donc sont identiques.



a. Ancien gneiss.
a'. Porphyre à gros cristaux.
b. Conglomérats et grès pourprés. *Cambrien*, identique avec le *Longmynd*.
c'. Quartzites avec des Arenicoles et *Fucus*.
c². Calcaire fossilifère, fossiles de la partie inférieure du Llandeilo.
c²'. Roches quartzeuses.
c³. Micaschistes et gneiss de Macculloch.
c⁴. Granite.
d. Quartzites stratifiés.
d'. Conglomérat et grès (base du vieux grès rouge).
e. Schistes bitumineux de Caithness (poissons de Hugh Miller).
f. Grès rouge supérieur des Orcades.





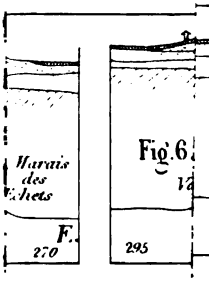


Fig. 6.

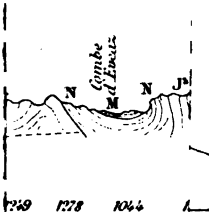
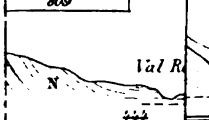


Fig. 10.



Lith. Kaeppelin Paris

M. Ch. Sainte-Claire Deville communique l'extrait suivant d'une lettre qui lui a été adressée par M. de Verneuil :

« Naples, 6 janvier 1858.

» Le Vésuve, en ce moment, vomit des torrents de vapeur par » deux bouches, l'une au centre du plateau et l'autre au pied » d'un petit cône placé à l'est. La première fumerolle est la plus » considérable : c'est une espèce de gouffre de 50 mètres environ » de diamètre, entouré de trois éminences coniques. Les vapeurs » s'échappent d'un orifice qui ne paraît pas avoir plus de 8 mètres » de diamètre : elles sortent d'une manière continue et aussi par » jets plus violents qui entraînent des fragments de roches. Je me » suis avancé jusqu'au bord du précipice, et, quand une plus forte » explosion se faisait et dégageait la cheminée, je voyais des va- » peurs rouges que j'aurais certainement prises pour des flammes » ondoyantes, s'il ne paraissait bien établi que ce n'est là qu'une » illusion.

» Il y a trois semaines environ que le Vésuve a encore donné » trois coulées de laves dans l'Atrio del Cavallo. C'est par une de » ces coulées (la plus étroite) que l'on monte actuellement. Si le » versant du cône qui regarde la Somma se couvrait de scories » comme celui qui fait face à l'observatoire Palmieri, la descente » ne pourrait plus se faire par les cendres et deviendrait difficile.

» La *Punta del Palo* ne peut plus se distinguer du reste du pla- » teau. Les petits cônes qui entourent la bouche centrale ne me » paraissent guère avoir plus de 15 mètres au-dessus du plateau. » J'ai pu en faire tout le tour. »

M. Ch. Sainte-Claire Deville fait ensuite remarquer combien le plateau supérieur du Vésuve, tel qu'il est décrit par notre savant confrère, diffère de ce qu'il était en 1855 et 1856 ; de ce qu'il était, en particulier, lorsqu'en août 1856 il eut l'occasion d'en lever le plan topographique, avec le concours de M. G. Bornemann. A cette époque, le plateau était encore dominé par la Punta del Palo, et surtout par la Pointe de 1850 ; et le centre en était occupé par une vaste excavation circulaire, de 156 mètres de profondeur, au fond de laquelle avaient lieu, à de courts intervalles, de très petites éruptions. Aujourd'hui, non-seulement le sol du plateau est sensiblement au niveau de la Punta del Palo, mais il supporte trois petits cônes qui dominent sans doute cette pointe, et les laves sorties des nouvelles bouches, après avoir ainsi presque entièrement comblé le vide central, ont débordé en plu-

sieurs fois le cratère supérieur et se sont épanchées sur les flancs du cône.

Il me sera peut-être permis, ajoute M. Ch. Sainte-Claire Deville, de transcrire ici ce que j'écrivais à l'Académie le 13 juin 1856. Après avoir décrit l'état du cratère à cette époque : « On » peut penser avec quelque vraisemblance, disais-je, que le Vé- » suve vient d'entrer dans une ère d'activité modérée, comme » celle qui s'est manifestée de 1822 à 1828, comme celle de 1842 » à 1848, que M. Scacchi a très bien fait connaître. Pendant cette » période, les tendances éruptives concentrées au sommet ou au- » tour du sommet se trahiront, pour un temps plus ou moins long, » par une suite presque continue de petites commotions, de pro- » jections de matières fragmentaires ou d'émissions de faibles » courants de laves; de sorte que le gouffre immense qui vient de » se former au centre du cratère est très probablement destiné à » être comblé par l'accumulation de ces produits, et peut-être » même à devenir la base d'un petit cône terminal semblable à » celui qui s'est écroulé avant la grande éruption de 1834 (1).

» Les faits, comme on le voit, ont pleinement justifié cette » opinion. »

Séance du 1er mars 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Le Président annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de MM. Cotteau et Triger, *Échinides du département de la Sarthe*, 2e livraison, in-8. Paris, 1858 ; chez J.-B. Baillière et fils.

De la part de M. G.-P. Deshayes, *Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris*, etc., 11e et 12e livraisons, p. 393 à 480, et pl. 16 *bis*, 50 à 58, in-4; Paris, chez J.-B. Baillière et fils.

---

(1) *Comptes rendus*, t. XLIII, p. 213.

De la part de M. Henri Lecoq, *Études sur la géographie botanique de l'Europe, et en particulier sur la végétation du plateau central de la France*, t. VIII, in-8. Paris, 1858; chez J.-B. Baillière et fils.

De la part de M. Jules Marcou :

1° *Lettre sur le Jura, adressée au docteur Oppel.* Zurich, le 1er décembre 1857, in-8, p. 113-123.

2° *Geological map of new Mexico*, 1857, 1 feuille in-8 oblong.

3° *Carte des États-Unis de l'Amérique du Nord pour servir aux observations géologiques* par M. Maclure, in-4.

De la part de M. A. Passy, *Carte géologique du département de l'Eure*, dressée par M. Antoine Passy, 4 feuilles gr.-aigle. Paris, 1857; imprimerie Kaeppelin.

De la part de M. Auguste Bravard, *Observaciones geologicas sobre diferentes terrenos de transporte en la hoya del Plata*, in-8, 80 p. Buenos-Ayres, 1857; chez J.-A. Bernheim.

De la part de M. Venance Payot, *Observations météorologiques faites à Chamounix en* 1855, 1856 *et* 1857, *et observations thermométriques au sujet des sources et de divers cours d'eau de la vallée de l'Arve* (extr. des *Ann. de la Soc. imp. d'agriculture, etc., de Lyon*, 1857), in-8, 25 p.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 7 et 8.

Annales des mines, 5e série, t. XI, 3e livraison de 1857; t. XII, 4e livraison de 1857.

L'Institut, nos 1259 et 1260, 1858.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée, n° 109, 11e année, janvier 1858.

L'Ingénieur, nouv. série, n° 2, février 1858.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, n° 142.

The Athenæum, nos 1582 et 1583, 1858.

Neues Jahrbuch, etc., par Leonhard et Bronn, 1857, 7e cahier.

Wurtembergische naturwiss. Jahreshefte, 1858, 1er cahier.

Revista minera, t. IX, n° 186, 1858.

M. Deshayes présente à la Société une nouvelle livraison de son grand ouvrage sur la Conchyliologie.

M. Cotteau offre en son nom et en celui de M. Triger, une livraison de son travail sur les Échinodermes.

M. le Président fait connaître à la Société la rédaction nouvelle que le Conseil propose d'adopter pour l'article 60 des statuts, et annonce que les modifications qui y sont contenues seront soumises à l'approbation de la Société, convoquée à cet effet en séance extraordinaire le 15 mars.

M. Deshayes communique la lettre suivante de M. Van den Hecke :

Rome, 20 février 1858.

Monsieur et respectable ami,

La maladie de M. le comte de Rayneval paralysait depuis six mois la description que nous avions entreprise sous vos auspices, et avec votre savant et généreux concours, des marnes du Vatican. Aujourd'hui que la mort a enlevé cet homme estimable à la science et à ses amis, nous croyons utile de donner une idée succincte de ces marnes et des fossiles qu'elles contiennent, pour faire suite à notre liste de Monte-Mario de 1854.

La couche du Vatican, inférieure à celle de Monte-Mario, s'en distingue à la première vue ; elle est formée uniquement de marne bleue ou terre à potier dont on fait les briques à Rome, pendant que le Monte-Mario n'est composé que de sables jaunes. Les fossiles nous en paraissent si distincts de ceux des autres terrains d'Italie du même âge qu'il nous a paru important de fixer les données de la science à cet égard. En attendant la publication du travail dont nous nous occupons depuis trois ans, et qui aura lieu cet été, nous avons choisi dans une centaine de fossiles les coquilles les plus intéressantes et celles propres à la marne.

1° *Solemya solida* (nobis), que vous avez eu la bonté d'étudier avec un soin particulier, et que vous avez reconnue être une Solémye d'une espèce nouvelle, remarquable par sa dimension au moins double de celle de la Méditerranée, par une impression musculaire plus profonde, non munie d'une côte comme dans la vivante, par des stries très profondes, par l'épaisseur considérable du test bien différent de la contexture pelliculaire des Solémyes vivantes.

2° *Pholadomya Vaticani* (nobis). Vous avez eu la bonté de comparer cette coquille avec les planches de Goldfuss, d'Agassiz, et la description de Michelotti. Ce n'est pas la *Pholadomya Puschii* ni celle d'*Agassizii* de Michelotti : vous êtes demeuré convaincu

que c'est bien une espèce nouvelle, différente de celles de Belgique (Nyst) et de celles que vous venez de découvrir dans le bassin de Paris. On la distingue aisément de ses congénères, parce qu'elle est très courte et que sa valve ventrale tronquée ne se prolonge pas en rostre. L'abondance de cette coquille dans la marne vous avait frappé; on peut en effet la regarder comme une des coquilles caractéristiques de la marne, puisque, très commune ici, elle ne se rencontre pas, ou rarement, dans les terrains récents d'Italie.

3° *Syndosmia longicallis*, Philippi (sous le nom d'*Erycina*). Vous l'avez particulièrement étudiée. Très commune dans la marne, elle serait aussi un bon caractéristique ne se trouvant ni à Monte-Mario ni à Asti.

4° *Axinus intermedius* (nobis). Pas aussi commune que les précédentes, mais dont on rencontre fréquemment des débris qui se reconnaissent aisément à la forme des stries à angle droit; nous la croyons spéciale à la marne.

5° *Arca aspera*, Philippi. Nos échantillons, plus petits que ceux de Philippi, se rencontrent assez fréquemment avec les Ptéropodes et les Oursins; elle n'existe pas à Asti.

6° *Nucula rugosa* (nobis), que vous avez jugée être intermédiaire entre l'*argentea* de Noli et la *decussata* de Sowerby, bien distincte de la *N. sulcata* de Bronn, qui est assez commune au Monte-Mario. Nous croyons cette coquille spéciale à la marne, et, comme elle y est excessivement commune, on peut la regarder comme une coquille caractéristique.

7° *Leda dilatata*, Philippi. Cette coquille, assez nombreuse, ne se trouve ni au Monte-Mario, ni dans le catalogue de M. Sismonda; elle se reconnaît facilement dans ses moindres débris à ses rubans imbriqués.

Il semble que la marne soit la patrie des Leda: nous en comptons une dizaine d'espèces presque toutes inédites.

8° Les *Pecten* sont aussi nombreux en espèces: le plus grand est le *cristatus* de Bronn; les autres sont plus petits, mais très ornés: *rimulosus*, Philippi; *fimbriatus*, Philippi; *retiolum*, nobis; l'*antiquatus*, Philippi, et le *Pecten Philippi* de Michelotti sont les deux plus communs.

Parmi les univalves:

9° L'*Argonauta biarmata* (nobis), caractérisé par une double série de tubercules sur la carène du dos; inconnu à Monte-Mario et rare dans les terrains d'Italie.

10° L'*Hyalæa trispinosa*, Rang, assez nombreuse.

11° Les *Cleodora*, très nombreuses en espèces, sont très com-

Les terrains lacustres constituent un plateau entre l'Eure et la Seine. Au centre, on exploite des meulières à Houlbec-Cocherel.

Ces terrains lacustres sont surmontés par un diluvium particulier, dans lequel les fragments de meulières remplacent en grande partie les silex de la craie.

Le terrain de transport existe et s'étend dans toutes les vallées des rivières. La tourbe se fait voir mêlée à ce terrain.

M. Ch. Sainte-Claire Deville communique l'extrait suivant d'une lettre qui lui a été adressée de Naples par M. le professeur Scacchi :

« Je ne sais si vous avez appris par une autre voie que la lave » du Vésuve qui, en 1855, s'est enfouie dans le *Fosso della Ve-* » *trana*, restant encore incandescente en quelques points pendant » l'automne dernier, a donné par sublimation une notable quan- » tité (*non piccola quantità*) de *cotunnite* (chlorure de plomb); je » vous envoie deux échantillons de cette substance qui s'est mon- » trée si rarement depuis l'éruption de 1822. »

M. Ch. Sainte-Claire Deville appelle ensuite l'attention de l'Académie sur les deux faits signalés dans les lignes qui précèdent, et qui tous deux lui semblent présenter de l'intérêt.

Le premier, c'est que la lave qui s'est accumulée sur une grande épaisseur dans la Vetrana y conservait encore, deux ans et demi après sa sortie, une température assez élevée pour offrir des points d'incandescence.

La présence de la cotunnite sur cette lave n'est pas moins curieuse. En effet, cette substance n'y ayant été remarquée en 1855, ni par M. Ch. Sainte-Claire Deville, ni par les nombreux observateurs qui l'ont étudiée alors, ni en particulier par M. Scacchi lui-même, tout indique que son apparition résulte de phénomènes postérieurs.

Or, ajoute M. Ch. Sainte-Claire Deville, la cotunnite n'a été signalée qu'au Vésuve, et, à ma connaissance, seulement en trois occasions. D'abord, en 1822, peu de temps après la grande éruption et durant la période de faible activité qui s'est prolongée de 1822 à 1828 : MM. Monticelli et Covelli l'ont alors découverte dans le cratère supérieur du volcan et décrite pour la première fois comme espèce minérale. Puis en 1840, peu après la grande éruption de 1839, et au début de la période d'activité faible et continue qui a duré jusqu'en 1848, M. Scacchi retrouva la cotunnite aussi sur le cratère supérieur, près de la *Punta del Mauro*.

Enfin, en 1857, le même savant signale cette rare substance sur la lave sortie quelques mois auparavant, et pendant la période d'activité modérée qui s'observe actuellement et qui a suivi la grande éruption de 1855.

» Ces trois époques d'apparition semblent donc avoir quelque chose de commun. Néanmoins, la présence de la cotunnite sur le corps de la lave impliquerait cette fois quelque chose de particulier, et amènerait forcément à conclure que la matière même du courant a, dès l'origine, entraîné avec elle et recélé une certaine proportion d'un composé plombifère. »

M. de Villeneuve établit des analogies entre quelques traits de la constitution de la chaîne des Vosges et celle des Maures et sur la disposition des zones géologiques qui les bordent, jusqu'au muschelkalk inclusivement. Les terrains subséquents ne permettent pas de continuer ces analogies; mais on peut y signaler une ligne de dislocation E. 30° S., qui traverse des masses serpentineuses, et sépare deux parties de terrain crétacé très différentes par leurs caractères. Cette ligne prolongée va aussi marquer la direction de certains filons; enfin elle est en rapport avec l'extension relative des diverses parties du terrain jurassique en France ainsi qu'en Italie.

Séance du 15 *mars* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Jauge (Amédée), rue Bleu, 11, à Paris, présenté par MM. de Verneuil et Collomb.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants*, février 1858.

De la part de M. Al. Leymerie, *Mémoire sur l'hémiédrie* (extr. des *Actes de la Société linnéenne de Bordeaux*, t. XXI, 4e et 5e livraisons), in-8, 15 p.

De la part de M. G.-G. Gemellaro, *Ricerche sui pesci fossili della Sicilia*, in-4, 52 p., 6 pl. Catania, 1858; chez C. Galatola.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 9 et 10.

L'Institut, nos 1261 et 1262, 1858.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XV, nos 85 et 86, janvier et février 1858.

Société impériale et centrale d'agriculture. — Bulletin des séances, 2e série, t. XIII, n° 1, novembre et décembre 1857.

Mémoires de la Société d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube, t. VIII, 2e série, nos 43 et 44, 3e et 4e trimestres, 1857.

Recueil des travaux de la Société libre d'agriculture, sciences, etc., de l'Eure, 3e série, t. IV, années 1855-1856.

Journal d'agriculture de la Côte-d'Or, 21e année, 3e série, t. III, n° 2, février 1858.

Bulletin de la Société de l'industrie minérale (*Saint-Étienne*), t. III, 1re livraison, juillet, août, septembre 1857, et Atlas.

Société impériale d'agriculture, etc., de l'arrondissement de Valenciennes. — Revue agricole, etc., 9e année, n° 7, janvier 1858.

The Athenæum, nos 1584 et 1585, 1858.

Revista minera, t. IX, n° 187, 1er mars 1858.

Revista de los progresos de las ciencias exactas, fisicas y naturales, t. VIII, n° 2, febr. 1858.

M. le Président fait connaître à la Société, qui a été convoquée en séance extraordinaire pour les discuter, les modifications que le Conseil propose d'introduire dans le Règlement, dans le but de hâter la publication du *Bulletin*, et de donner aux auteurs la faculté d'obtenir un plus grand nombre de tirages à part.

Une discussion s'engage à ce sujet. Au chiffre de 100, proposé par le Conseil, M. le marquis de Roys demande qu'on substitue celui de 500. MM. Bayle et Hébert s'associent à cette proposition qui est combattue par M. Desbayes. M. Virlet se

déclare en faveur de l'extension illimitée des tirages à part. Après une vive contestation, la Société décide, à la majorité des suffrages, que le nombre pourra en être illimité.

Sur la proposition de M. Walferdin, la vente des exemplaires tirés à part est interdite. La Société adopte ensuite sans changement toutes les autres modifications introduites par le Conseil dans la rédaction du Règlement, et décide qu'il en sera donné connaissance aux membres de la Société par l'envoi d'une circulaire explicative.

M. Barrande annonce qu'il a remis à la Commission chargée d'élever un monument à M. de Buch une somme que la Société lui avait confiée.

M. le Secrétaire lit une note de M. Ebray, relative à quelques fossiles de l'étage albien des environs de Sancerre.

Note sur quelques fossiles de l'étage albien des environs de Sancerre, par M. Th. Ébray.

En descendant la Loire, de Sancerre à Cosne, on peut suivre l'étage albien sur une grande étendue; les affleurements les plus élevés de cet étage se remarquent presque au sommet de la montagne de l'Orme-au-Loup, à la cote 230 environ, sous forme d'argile micacée; tandis que les points les plus bas du même étage s'observent dans le lit de la Loire, aux environs de Cosne, à la cote 143. Les deux points extrêmes sont distants entre eux d'environ 9 kilomètres, ce qui donne une pente générale de 0,009 par mètre.

Cette inclinaison est moindre que celle des étages jurassiques, qui généralement dépasse 0,013 par mètre.

L'étage albien, comme je l'ai déjà indiqué, se compose de trois systèmes de couches parfaitement distinctes, sous le rapport minéralogique et sous le rapport paléontologique.

Inférieurement, on trouve des grès verts pétris de fossiles, puis au-dessus, des argiles micacées, enfin des sables et des grès ferrugineux qui ne contiennent des fossiles qu'à leurs parties supérieures.

Ces différentes couches m'ont permis de recueillir divers fossiles intéressants; j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui des observations sur l'*Epiaster* qui se rencontre dans les grès inférieurs, et sur les *Ammonites* qui se recueillent dans ces mêmes bancs.

Séance du 5 avril 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

M. le Président annonce ensuite deux présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. Clément-Mullet, *Note sur les phosphates calcaires et sur la probabilité de leurs gisements dans le département de l'Aube* (extr. des *Mém. de la Soc. acad. de l'Aube*, t. XXI, 1857), in-8, 17 p.

De la part de M. Delesse : *Ueber die Umwanhlungen der Brennstoffe* (aus den *Zeitsch. d. deutschen geolog. Gesellschaft, Jahrg.* 1857), in 8, p. 527 530.

De la part de M. le professeur Alph. Favre :

1° *Notice sur la geologie des bases de la montagne du Mole en Savoie* (tiré de la *Bibl. univ. de Genève*, décembre 1857), in-8, 8 p., 1 pl.;

2° *Observations relatives sur la constitution géologique de quelques parties de la Savoie, adressées par M. le professeur Ange Sismonda à M. Élie de Beaumont*, in-8, 7 p.

De la part de M. le docteur E. de Fromentel, *Description des polypiers fossiles de l'étage néocomien*, in-8, 78 p., 10 pl. Paris, 1857; chez J.-B. Baillière et fils.

De la part de sir R. I. Murchison, *The silurian rocks and fossils of Norway* (from the *Quart. Journ. of the geol. Soc. of London*, for febr. 1858), in-8, p. 37-53.

De la part de M. Pierre de Tchihatchef :

1° *Discours prononcé à Montpellier, le 16 juin 1857, à la séance de clôture de la session extraordinaire de la Société botanique de France* (extr. du *Bull. de la Soc. bot. de France*, t. IV, p. 667 et suiv.), in-8, 5 p.;

2° *Études sur la végétation des hautes montagnes de l'Asie Mineure et de l'Arménie* (extr. du même *Bulletin*, séance du 13 novembre 1857), in-8, 32 p.

De la part de M. J.-C. Houzeau, *Histoire du sol de l'Europe*, in-8, 496 p. Bruxelles, 1857; librairie internationale.

De la part de M. J. Beete Jukes, *The student's Manual of geology*, in-8, 610 pages. Edinburgh, 1857; chez Adam et Ch. Black.

De la part de M. A. Pissis, *Descripcion topografica i jeologica de la provincia de Aconcagua*, in-8, 55 p. Santiago (Chili), 25 octobre 1856.

De la part de M. W. R. Wilde, *Catalogue of the antiquities of stone, earthen and vegetable materials, in the Museum of the R. Irish Academy*, in-8, 246, 10 p. Dublin..., chez M. G. Hill.

De la part de M. G. von Helmersen :

1° *Wlangali's Reise nach der östlichen Kirgisen-steppe, übersetzt von* Dr Loewe (aus den *Beiträgen zur Kenntniss des Russischen Reichs*, Band XX), in-8, 260 p.;

2° *Ueber die Bohrarbeiten auf Steinkohle bei Moskau und Sserpuchow*, 11 déc. 1856 (aus den *Mélanges physiques et chimiques*, t. III), in-8, p. 119-123.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 11 à 13.

Annuaire de la Société météorologique de France, t. IV, 1856, 1re partie. *Tabl. météor.*, f. 4-19.

Annales des mines, 5e série, t. XII, 5e livraison de 1857.

L'Institut, nos 1263 et 1264, 1856.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée, n° 110, 11e année, février 1858.

Organisation de la Société d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube, in-8, 71 p. Troyes, 1858.

The Athenæum, nos 1586 et 1588, 1858.

Register zu den zweiten 10 *Bänden der Sitzungsberichte* (Band 11-20) *der math.-naturw. Classe der K. Akademie der Wissenschaften*, in-8, 58 p.

Sitzungsberichte der K. Akademie der Wissenschaften. Math.-naturw. Classe, vol. XX, 2e et 3e cahiers, 1856; vol. XXI, 1er et 2e cahiers, 1856.

Neues Jahrbuch, etc., de Leonhard et Bronn, 1858, 1er cah.

Mittheilungen aus Justus Perthes, geographischer Anstalt über wichtige neue erforschungen auf dem gesammtgebiete der Geographie, von Dr A. Petermann, 1858, n° 1, in-4, Gotha.

Tagenblatt der 32. Versammlung deutscher Naturforscher und Artze in Wien in Jahre 1858, n° 1 à 8, in-4.

Abhandlungen der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1856, in-4.

Monatsbericht der K. Preuss. Akademie der Wiss. zu Berlin, janvier à août 1857, in-8.

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, vol. IX, 3e cahier, mai, juin, juillet 1857.

Revista minera, nos 188 et 189, 1858.

Revista de los progresos de las ciencias exactas fisicas y naturales, t. VIII, n° 3, mars 1858.

Bulletin de la Société impériale des naturalistes de Moscou, année 1856, nos 2, 3 et 4; année 1857, n° 1.

The Canadian journal, etc. (Toronto), mars 1858.

Constitution, etc., of the Academie of science of Saint-Louis, 1857, in-8.

M. le Président fait, au nom de l'auteur, hommage à la Société d'une brochure intitulée : *Études sur la végétation des hautes montagnes de l'Asie Mineure et de l'Arménie*, par M. Pierre de Tchihatchef. Il rappelle que cet intrépide voyageur a déjà publié les deux premiers volumes de son ouvrage sur l'Asie Mineure : l'un renfermant la *géographie physique* de cette contrée ; l'autre la *climatologie* et la *zoologie*. La nouvelle brochure de M. P. de Tchihatchef établit une comparaison entre la végétation de cinq groupes de montagnes : le Bulgardagh, l'Olympe, l'Argée, l'Ali, l'Ararat. Elle résume une partie des connaissances acquises sur la flore de l'Asie Mineure qui sera traitée avec tous les développements convenables dans les tomes III et IV de son ouvrage ; mais, avant de publier ces deux volumes, M. P. de Tchihatchef veut exécuter un nouveau voyage dans la contrée qu'il a déjà plusieurs fois explorée avec tant de succès ; il fait ses préparatifs pour partir dans les premiers jours du mois courant.

M. le Trésorier présente l'état de la caisse au 31 mars dernier :

Il y avait en caisse au 31 décembre 1857. .	2,147 fr.	25 c.
La recette, du 1er janvier au 31 mars 1858, a été de	4,266	»
Total. . .	6,413	25
La dépense, du 1er janvier au 31 mars 1858, a été de	4,135	85
Il restait en caisse au 31 mars 1858.	2,277 fr.	40 c.

M. Élie de Beaumont présente, de la part de M. Pissis, une description topographique et géologique de la province d'Aconcagua.

M. Michelot offre, au nom de l'auteur, une description des polypiers fossiles de l'étage néocomien, par M. le docteur E. de Fromentel.

M. le Président annonce à la Société la perte douloureuse qu'elle vient de faire dans la personne de M. Adrien Paillette.

M. le Président donne lecture de la circulaire suivante qui sera adressée aux membres de la Société pour leur faire connaître les modifications qui ont été introduites dans le Règlement administratif.

Paris, le 5 avril 1858.

Monsieur et cher confrère,

J'ai l'honneur de vous annoncer que la Société régulièrement convoquée, ayant réuni le nombre de membres prévu par l'article 12 du Règlement administratif, a discuté, dans sa séance du 15 mars courant, les changements que le Conseil lui a proposé d'apporter audit Règlement. La décision prise par la Société supprime l'ancienne rédaction de l'article 60 et la remplace par la suivante :

ARTICLE 60 (*Nouvelle rédaction*).

« Quelle que soit la longueur des notes ou mémoires insérés au » *Bulletin*, les auteurs pourront en faire tirer à part, à leurs frais, un » nombre illimité d'exemplaires.

» La vente en est interdite.

» L'exercice de cette faculté est soumis aux conditions suivantes :

» 1° L'auteur qui voudra en profiter devra en faire la déclaration » expresse et par écrit en tête de son manuscrit.

» 2° Le tirage à part devra rester conforme au texte du *Bulletin*.

» Il n'y aura pas de remaniement de la composition pour le tirage » à part; on se bornera à une simple réimposition des articles, la pagi- » nation et le titre courant du *Bulletin* étant conservés.

» 3° Le faux titre devra porter : *Extrait du Bulletin de la Société » géologique de France.*

» 4° L'auteur devra s'entendre directement avec l'imprimeur pour » le payement. »

Les modifications que la Société vient de faire subir à l'article 60 de son Règlement administratif portent sur deux points essentiels, savoir :

1° Le nombre d'exemplaires d'un tirage à part, qui ne devait pas autrefois dépasser cinquante, est actuellement illimité ;

2° Le remaniement de la composition est interdit, et remplacé par une opération typographique plus simple, plus rapide, moins onéreuse pour les auteurs.

Le tableau suivant fait connaître le prix d'un tirage à part exécuté dans ces conditions :

NOMBRE D'EXEMPLAIRES.	Quart de feuille (4 pages).		Demi-feuille (8 pages).		Trois-quarts de feuille (12 pages).		Une feuille (16 pages).		Prix de chaque feuille en sus de la première.	
	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.	fr.	c.
25 exemplaires.	4	»	4	50	7	»	7	»	6	50
50 —	4	50	5	»	7	75	8	»	7	25
100 —	5	»	6	»	8	75	9	25	8	50
200 —	9	»	10	75	15	50	16	50	14	»
300 —	12	»	14	50	20	25	20	25	17	50
400 —	15	»	17	75	24	75	24	25	20	50
500 —	17	50	21	»	29	50	28	»	23	»
600 —	»	»	24	50	33	50	32	75	26	»
700 —	»	»	28	50	38	»	38	»	31	»
800 —	»	»	31	»	42	»	42	75	34	»
900 —	»	»	34	»	46	»	47	50	37	50
1000 —	»	»	36	50	50	»	52	50	42	»

Titre d'entrée spécial, 1 fr. 50 c. — Titre formant une page, 3 fr.

La substitution de la réimposition au remaniement de la composition forme le complément d'une série de mesures prises récemment par le Conseil, à l'effet de prévenir les retards dont il a constaté les causes, et de donner la plus grande rapidité possible à la publication du *Bulletin*. Il est très important que les membres de la Société prennent connaissance des nouvelles décisions du Conseil, et veuillent bien, en s'y conformant, contribuer à obtenir un résultat aussi désirable dans l'intérêt de la Société que dans celui des auteurs.

Ces décisions sont dictées par les circonstances qui accompagnent toute espèce de publication, ainsi que le démontrent les explications suivantes :

1° *Décisions relatives à la remise des manuscrits.* — Immédiatement après l'adoption du procès-verbal par la Société, le Secrétaire devra, à l'avenir, l'envoyer à l'imprimerie avec les notes et mémoires à l'appui, ou du moins avec toutes les communications rédigées avec assez de soin pour être imprimées *sans changement*. Celles qui contiennent des longueurs inutiles ou des matières étrangères à la science seront de suite soumises à l'examen de la Commission d'impression, conformément aux dispositions de l'article 33 du Règlement.

Les auteurs sont engagés à contracter l'habitude de déposer sur le bureau le manuscrit des notes ou mémoires le jour même où ils en donnent lecture à la Société. L'article 57 du Règlement leur accorde, il est vrai, le droit de remettre leurs communications au secrétariat dans la quinzaine ; mais ceux qui attendront l'expiration des quinze jours de rigueur, qui correspondent à l'ouverture de la séance suivante, s'exposent à voir leurs manuscrits prendre un rang de publication postérieur ; on comprend, en effet, qu'il faut au Secrétaire le temps de compléter le procès-verbal de la séance précédente, et à la Commission d'impression le temps d'exercer son examen préalable.

Les communications dont l'écriture est difficile à lire occasionnent à la Société des frais considérables de correction, et au Secrétaire une grande perte de temps ; par ce double motif, elles seront renvoyées à leurs auteurs, avec prière d'en fournir une copie parfaitement lisible.

Tout mémoire accompagné de planches ne prend son tour

limètres de long sur 92 de large. Le dessin, le titre et la légende doivent être compris dans ces deux dimensions.

Les auteurs sont invités à se conformer autant que possible à l'instruction suivante qui a été déjà publiée dans le tome IV du *Bulletin* de la 2e série, page 402.

« Les auteurs qui rédigent et adressent des notes ou mé-
» moires destinés aux publications de la Société sont instam-
» ment priés :

» 1° De ne point placer de dessins de coupes ou autres
» dans le texte du manuscrit, mais de les réunir dans un cadre
» du format des planches du *Bulletin* ou des *Mémoires*, suivant
» qu'ils penseront que leur travail pourra être inséré dans l'un
» ou l'autre de ces recueils ;

» 2° De réduire les figures à une échelle convenable pour
» éviter toute réduction ultérieure de la part du graveur, et
» de tracer toujours cette échelle ;

» 3° De choisir autant que possible des échelles métriques
» en nombre rond, telles que $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$, $\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{20000}$,
» $\frac{1}{50000}$, $\frac{1}{100000}$, etc. ;

» 4° D'indiquer sur les cartes la direction des lignes suivant
» lesquelles les coupes ont été faites, et de placer le nord vrai
» en haut ; de marquer au moins un degré de longitude et de
» latitude ;

» 5° De marquer par une flèche la direction des cours d'eau,
» s'il y a trop peu d'affluents pour que la direction de ceux-ci
» l'indique suffisamment ;

» 6° De placer sous les coupes une horizontale représentant
» le niveau de la mer, et, à l'extrémité, une échelle verticale
» pour les altitudes ; cette échelle devra être répétée pour
» chaque coupe, même si elle était semblable pour toutes. Il
» est préférable, quand cela est possible, d'avoir la même
» échelle pour les hauteurs et pour les longueurs ; et, quand
» les hauteurs sont exagérées, on fait bien d'ajouter au-dessous de
» la coupe principale une seconde coupe, dans laquelle les hau-
» teurs sont à la même échelle que les longueurs. Cette coupe
» ne montre plus que la topographie et le résumé de la géologie ;

» 7° De colorier les cartes lorsqu'il y aura lieu, en prenant
» pour base la légende de la Carte géologique de la France,

» par MM. Dufrénoy et Élie de Beaumont, et de s'y conformer » toutes les fois qu'il n'y aura pas de motifs qui s'y opposeront, » comme cela peut se présenter dans l'étude très détaillée d'un » pays; de disposer autant que possible les légendes dans un » ordre analogue à celui de la légende de cette carte ;

» 8° D'ajouter toujours aux teintes des lettres et des signes » en noir, qui seront reproduits par la gravure, et pourront, » si on le juge à propos, suppléer seuls les teintes elles-mêmes, » ou du moins permettre d'en réduire le nombre;

» 9° D'indiquer les mots Nord, Sud, Est, Ouest, etc., par » leurs initiales en gros caractères, N., S., E., O., etc. »

Conclusions. — En résumé, l'exécution rigoureuse et maintenue avec persévérance des mesures ci-dessus mentionnées donne au Conseil la certitude que les communications seront publiées, à l'avenir, un à deux mois au plus tard après la séance dans laquelle elles auront été faites. Les auteurs qui ne voudraient pas s'y conformer ne pourraient attribuer qu'à leur négligence le renvoi de leurs mémoires à une séance ultérieure.

Veuillez agréer, Monsieur et cher confrère, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

Le Président, Aug. VIQUESNEL.

Le Secrétaire, A. LAUGEL.

M. le Président lit une lettre par laquelle S. E. le Ministre de l'Instruction publique annonce à la Société géologique qu'il lui accorde cette année, comme les années précédentes, une allocation de 1000 francs pour la publication de l'*Histoire des progrès de la géologie*.

M. Collomb lit la note suivante de M. Gravina, relative aux terrains tertiaires et quaternaires des environs de Catane :

Note sur les terrains tertiaires et quaternaires des environs de Catane, par M. Bonaventure Gravina.

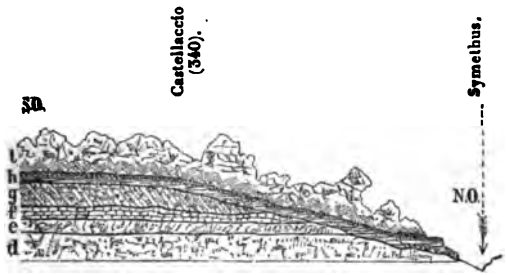
Éocène.

L'année dernière, allant à la carrière d'argile des tuileries de Cefali, à 2 kilomètres de Catane, je fus surpris, en étudiant les

blocs et les cailloux roulés, quaternaires, qui se trouvent au-dessus des argiles et sables subapennins avec *Buccinum gibbosulum*, L., *B. mutabile*, Brocc., *Venus gallina*, Linn., *Mactra triangula*, Ren., etc., d'y trouver une certaine quantité de ces cailloux remplis de Nummulites et autres fossiles nummulitiques. Dès lors, je ne doutais plus qu'aux environs de Catane devait exister l'étage nummulitique, et je me suis mis à sa recherche. Au mois de mars de l'année dernière, en étudiant les collines des terres fortes de Catane, je suis monté au mont Cardillo, à 290 mètres au-dessus du niveau de la mer, où ces cailloux roulés atteignent une épaisseur de près de 20 mètres, et là j'ai trouvé ces cailloux nummulitiques en bien plus grande abondance. Ainsi, de proche en proche, en suivant la vallée du Cafaro entièrement formée de ce dépôt caillouteux, j'ai traversé le Symethus au bac de Paterno, où je me suis trouvé en plein nummulitique. Cet étage est circonscrit au nord et nord-ouest par le Symethus; il s'étend au sud de Castellaccio jusqu'à la colline de Monaco en suivant le lit du fleuve; il s'étend à l'ouest de ce point jusqu'à Catenanuova et à la Sparaogna, où il se perd au nord-est sous les calcaires gypseux et les grès de la montagne de Centorbi. Dans toute la vallée du Dittaino, il a été en partie dénudé, et ensuite recouvert par des cailloux et blocs avec gravier et marne quaternaires. Il reparaît ensuite à la montée du Sferro, à Turcisi, à San-Giovanni, et dans tous les petits monts placés à l'est, au sud et à l'ouest de Giudica. Dans la vallée de Guanalonga, il disparaît de nouveau sous les alluvions anciennes et récentes; mais on le voit reparaître par intervalles à Truitta, au Stimpato et ailleurs, où il forme la base des collines et du plateau de la haute plaine de Catane. Enfin, je l'ai revu à Ramacca, où il s'étend beaucoup à l'ouest et au sud; il est fort intéressant de voir à la colline des *Forche* et à *Mainarda* ces couches de marne bitumineuse et des calcaires gypseux toutes contournées et plissées. J'ai trouvé dans mes dernières courses plusieurs fossiles appartenant à l'éocène; mais, comme je tiens beaucoup à vous donner des déterminations exactes pour le moment, je ne vous envoie que les noms que je dois à l'obligeance de M. le professeur Meneghini (de Pise); mais, comme je m'occuperai dans une prochaine note du terrain crétacé des environs de Catane et de ses rapports avec l'éocène, je saisirai cette occasion pour vous adresser une liste complète des fossiles de chaque couche et des localités fossilifères de ces étages. Les Nummulites ont depuis la grandeur d'un franc jusqu'à celle d'un grain de millet. Ces dernières

sont les plus nombreuses, et l'on trouve des bancs qui sont presque exclusivement formés de *Nummulites variolaria*, Sow. L'épaisseur de cette formation éocène entre Castellaccio et Tremonti, près du bac de Paterno, peut atteindre 140 à 150 mètres. En voici maintenant la coupe de haut en bas, prise au pas d'Ipsi. Elle est difficile à établir en cet endroit, où il n'y a ni exploitations ni routes, et où les ravins mêmes sont en partie masqués et encroûtés par les marnes supérieures qui ont été entraînées par les pluies ; par conséquent, je ne puis pas vous donner l'épaisseur relative de chaque couche.

Coupe du mont Castellaccio (1).



1° Gypse et calcaire gypseux, avec soufre qui s'y trouve souvent intercalé, par nids ou par couches alternantes, avec le *briscal*

---

(1) Légende des figures.

PLIOSTOCÈNE.
- *t*. Tuf volcanique.
- *s*. Blocs et conglomérats.

PLIOCÈNE. . .
- *r*. Sables ferrugineux et marnes calcaires.
- *q*. Sables jaunes et grès.
- *p*. Argiles.
- *o*. Grès et marnes bleues.

MIOCÈNE. .
- *n*. Sables gris avec blocs ovalaires.
- *m*. Grès à *O. caudata* et marnes vertes.

ÉOCÈNE. . . .
- *l*. Gypse et calcaire gypseux.
- *h*. Marne schisteuse avec marne friable.
- *g*. Grès.
- *f*. Calcaire nummulitique.
- *e*. Marne avec rognons de carbonate de fer.
- *d*. Macignos et sables.

des ouvriers mineurs. Ce *briscal* est toujours le guide sûr de tous ceux qui se sont livrés à l'exploitation des mines de soufre; c'est un calcaire gypseux à grains spathiques; il alterne toujours avec le soufre. Dans toutes les marnes ouvertes depuis Centorbi à Castrogiovanni et Girgenti, c'est toujours le *briscal* qui accompagne le soufre, et les ouvriers l'appellent *la mère du soufre*. Je n'ai trouvé dans toute cette formation, qui atteint souvent 80 à 100 mètres d'épaisseur, aucun fossile, mais on m'a rapporté qu'on en trouve quelques-uns dans les marnes feuilletées et bitumineuses de Girgenti; c'est ce que je verrai plus tard de mes propres yeux.

L'isolement de ce dépôt à Castellaccio, à Muglia, à Centorbi, et dans les environs de Ramacca et de Girgenti, son contact immédiat à la partie supérieure avec des grès chlorités et des marnes contenant des fossiles miocènes, et à la partie inférieure avec des dépôts à fossiles nummulitiques; enfin l'analogie de cette immense formation avec les calcaires et les gypses des autres contrées d'Europe, me font présumer que ce dépôt doit appartenir à l'étage parisien d'Alcide d'Orbigny.

Ordinairement les calcaires sont placés sur les gypses, mais en général ils n'affectent aucune stratification régulière et ils se confondent souvent. Les gypses présentent presque tous les systèmes de cristallisation. Ainsi ceux qu'on exploite pour la pierre à plâtre sont en prismes; quelquefois ils sont lamelleux et schistoïdes, d'autres fois soyeux ou fibreux, rarement saccharoïdes.

2° Au-dessous de ces calcaires gypseux se trouve une marne schisteuse, plus ou moins compacte, souvent bitumineuse, qui alterne avec une marne friable. On peut les étudier mieux au nord du mont Castellaccio et au nord de la colline du Monaco, une lieue plus loin. Dans ces deux localités, ces marnes forment de petites collines isolées qu'on distingue à leur blancheur d'assez loin; elles sont recouvertes d'un sable calcarifère provenant des érosions des monts calcaires supérieurs : je n'y ai pas encore trouvé de fossiles.

3° Grès et sables avec Nummulites et autres fossiles rares. En général, ces grès sont peu agrégés, mais ils deviennent quelquefois très compactes. A ces grès se trouvent aussi subordonnés de gros blocs de quartzites à angles émoussés qui cubent de 4 à 8 mètres, et des brèches calcarifères à ciment siliceux. Ces quartzites se trouvent sur la même ligne que les grès, et on les rencontre le plus souvent dans les endroits où il y a dessus du gypse ou du calcaire gypseux. On voit passer les grès insensiblement aux

quartzites. Or, comme nous sommes placés près du centre d'un foyer volcanique, dont probablement les émanations sulfureuses ont pénétré à travers les fentes des couches consolidées sous-marines, et ont pu produire des sulfates de chaux et du soufre, de même la chaleur de ces émanations a dû métamorphoser ces grès et les réduire en quartzites, dont quelques-uns sont à l'état vitreux. Je vous ai dit que ces quartzites sont la plupart à angles émoussés; cela prouve qu'ils ont été soumis à l'action de grands courants qui ont usé les masses solides qui leur résistaient. En effet, nous verrons par la suite que presque la moitié des roches qui composent les blocs et les poudingues quaternaires proviennent des débris éocènes qui s'étendent non-seulement dans les terres fortes, mais aussi dans toute la plaine de Catane. Comme dernière trace de ces courants, nous trouvons, à la partie supérieure du mont Castellacio, beaucoup de blocs et de cailloux épars superficiellement qui appartiennent à des roches quartzeuses et granitiques. J'ai trouvé des fossiles dans la brèche calcaire, mais ils sont entièrement broyés. A Tremonti, j'ai revu cette roche au-dessous du grès, c'est-à-dire à la même place qu'à Castellaccio. Plus loin on ne la voit plus; mais on remarque à sa place un calcaire gréseux qui, au col du Taureau, prend un grand développement, et contient beaucoup de *Nummulites Guettardi*, Haime, et des débris de bryozoaires et de crinoïdes.

4° Bancs alternes de calcaire nummulitique en général compactes, et dans certains endroits plus ou moins désagrégés, de sorte que l'on peut en isoler les fossiles; j'en cite quelques-uns :

Orbitolites sella, d'Archiac.
— *stellata*, id.
— *submedia*, id.
— *Fortisii*, id.
— sp. nova.
Nummulites lævigata, Lamk.
— *Guettardi*, Haime.
— *variolaria*, Sow.
Nummulites striata, d'Orb.
— *Tchihatcheffi*, d'Arch.
— *curvospira*, Mgh.
— *placentula*, Desh.
— *contorta*, Desh.
Alveolina Boscii, Defr.
Rotalia suessoniensis, d'Orb.
Pectunculus cor, Lamk.

5° Marne noire, souvent assez épaisse, avec cristaux de gypse en fer de lance, rognons de carbonate de fer, et des efflorescences semblables à celles des vieilles murailles et qu'à leur saveur caustique je crois être du natron.

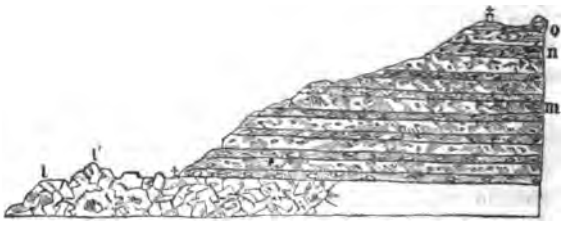
6° Grès et sables grossiers, à ciment calcaire, qui contiennent quelquefois de la marne endurcie qui les fait ressembler à des

macignos. Ils sont colorés diversement dans le haut par l'oxyde de fer, et deviennent dans le bas très fins et blancs. Quoique ces sables atteignent une épaisseur qui au pas d'Ipsi dépasse 50 mètres, je n'y ai encore trouvé aucun fossile, et c'est avec doute que je les place provisoirement dans l'éocène (1).

Miocène.

Maintenant si de Castellaccio nous montons à Centorbi, nous verrons que les calcaires gypseux mentionnés ci-dessus reprennent un plus grand développement, et se perdent sous des couches de grès quelquefois chlorité, alternant avec des marnes, pour reparaître encore au delà de la montagne de Centorbi. Ces bancs de grès et de marne ont à peu près 150 mètres d'épaisseur, 11 degrés d'inclinaison, et plongent à l'O.-N.-O. Ils semblent délimités en haut par une couche de sable gris qui contient des blocs de grès ovalaires ou arrondis. Ces grès contiennent du quartz, du feldspath, de la chlorite et du mica; ils sont compactes et à texture grenue. Les marnes qui les accompagnent sont toujours vertes ou grises, chargées de chlorite, et se délitent beaucoup à l'air et à la rosée, ce qu'on distingue assez bien, ces bancs de marne de Centorbi étant creusés et les bancs de grès proéminents (2).

Profil de l'est de la montagne de Centorbi et de la mine de soufre de M. le duc de S. Giovanni.



La petite croix indique le dernier trou de la minière pratiqué dans le grès; *l* la position du briscal.

Les calcaires et les gypses n'étant point stratifiés, on ne peu pas remarquer s'ils sont en concordance avec ces grès, mais les couches de l'éocène inférieur, étant légèrement inclinées et plongeant au sud, sont évidemment en discordance avec ces grès.

(1) Voyez la coupe du mont Castellaccio.
(2) Voyez le profil de la montagne Centorbi.

Des circonstances imprévues m'ont empêché de revenir dans ces lieux, et je n'ai que les fossiles d'une seule course, parmi lesquels l'*Ostrea caudata*, Munst., le *Balanus crenatus*, Brug., le *B. concavus*, Brug., le *Pecten varius*, L. La première de ces espèces est essentiellement caractéristique du miocène, et M. Philippi ne l'a jamais trouvée dans le pliocène de Sicile; il n'a pas trouvé non plus dans cet étage les deux espèces suivantes. Quant à la dernière, quoiqu'elle soit vivante encore dans nos mers, cependant, d'après M. Meneghini, elle se trouve aussi dans le miocène d'Italie.

Remontons à présent au-dessus de cette couche remarquable, contenant du sable gris avec cailloux ovalaires, nous verrons un sable jaune alterne avec marne bleue, analogues aux grès et aux marnes de Seittino et de la Raisa qui sont là en contact immédiat avec les argiles pliocènes, et ici sur une petite butte qui domine au nord la petite ville de Centorbi ; ils contiennent des *Murex brandaris*, Linn., *Janira Jacobea*, d'Orb., *Pectunculus glycimeris*, Lamk., et autres fossiles caractéristiques de l'étage pliocène.

Pour pouvoir bien caractériser cet étage, il aurait fallu d'autres données paléontologiques, j'en conviens. Cependant je possède cinq autres espèces de cet étage qui ne sont pas rapportées par M. Philippi, et en tout cas n'appartiennent ni au pliocène ni à l'époque actuelle. Le contact de cet immense dépôt à la partie inférieure avec les calcaires gypseux qui reposent immédiatement sur l'étage nummulitique, et à la partie supérieure avec des grès et marnes à fossiles pliocènes, cette couche de sable gris à blocs ovalaires qui marque un changement brusque de régime entre ces deux dépôts, et l'existence dans cet étage de l'*Ostrea caudata*, Münst., essentiellement miocène, sont des données qui militent toutes en faveur de mon opinion.

En descendant de Centorbi vers l'est, à gauche de la *Solfara* de M. le duc de San-Giovanni, on traverse une vallée en partie comblée par des sables marneux et des blocs de grès anguleux ou grossièrement arrondis. En examinant de près ce dépôt, on s'aperçoit que c'est un terrain de transport dû à l'action érosive des eaux pluviales. En cassant en effet ces blocs, j'ai pu me convaincre qu'une partie sont pareils à ceux de la couche supérieure à sable gris qui se sont éboulés du haut, et les autres ne sont que des fragments des grès sous-jacents à ladite couche qui, réunis et empâtés ensemble par des marnes terreuses de la même provenance, ont comblé le ravin et les excavations latérales qui devaient être, à une époque assez reculée, d'une profondeur im-

mense, car, ayant trouvé ces mêmes grès à l'état roulé dans le dépôt quaternaire des environs de Catane, je crois que les immenses courants de cette époque ont pu creuser tous ces ravins, et peut-être même ce sont eux qui ont marqué la forme de toutes nos vallées.

Pliocène.

En suivant toujours cette direction avant d'arriver à la vallée du Symethus, on rencontre des collines de marne ou de sable isolées, puis des collines à couches de grès alternes, avec marne bleue, qui sont assez tourmentées, fracturées, avec des failles énormes et des bancs tout à fait redressés; en un mot, ces collines présentent toutes les traces d'un soulèvement. Dans la vallée même du Symethus, il y a eu érosion de ces grès; mais, comme des sentinelles avancées qui tiennent à garder leur place, on aperçoit, le long du lit du fleuve, des espèces de quilles en grès avec leurs flancs rongés et taillés à pic. Ces grès, que j'appellerai les grès du Symethus, descendent de la tour Anralone, suivent la ferme de la Cavaliera et de Mannararo, là sont interrompus par le Symethus qui les a rongés, et apparaissent de nouveau sur la rive gauche, dans la ferme de la Buffa et de la Raisa. Un peu plus loin, à San-Giovannello, ces grès plongent au-dessous des argiles pliocènes avec lesquelles ils sont en contact, et à Seittino ces dernières sont surmontées par les cailloux quaternaires. Les marnes bleues qui accompagnaient ces grès peu agrégés cessent tout à coup en cet endroit, où ces dernières passent à l'état de sable, plongent à l'E.-N.-E., et se perdent sous les argiles et des anciens courants de lave qui les recouvrent. Ailleurs, on ne les voit plus paraître, si l'on excepte toutefois une crevasse de la vallée de San-Biagio, près du volcan boueux de la *Saltnella*, où ces couches ont été soulevées avec les argiles, et à la Cativa. Maintenant si l'on revient un peu sur ses pas, et qu'on se place sur la crête la plus bouleversée de ces collines que nous avons laissées près des monts Cucca et Mannararo, et qu'on regarde entre Carcaci et Aderno, on aperçoit la roche basaltique, en masse noire homogène, surgir au milieu de ces grès; puis, en tournant les yeux du côté de Sicudia et Biancavilla, on voit plusieurs masses basaltiques, quelquefois en colonnes articulées et en boule qui, par la cassure, s'enlèvent par couches concentriques, et présentent au milieu des vésicules tapissées de cristaux de carbonate de chaux.

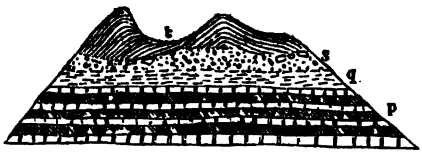
Je reviens à mon pays natal, Catane, ville très ancienne, dont

l'origine se perd dans la nuit des temps, habitée autrefois par les Cyclopes et les Tyriens, plus tard par les Grecs et les Romains, florissante alors dans l'agriculture, les lettres et les arts. Théâtre des guerres et des dévastations des barbares, elle fut prise et reprise, saccagée, réduite en cendres, et de nouveau rétablie par les vainqueurs ou les vaincus charmés de son beau ciel et de son sol fertile. Placée près du centre des phénomènes volcaniques, cette ville a subi les mêmes vicissitudes que ses habitants. Exposée à ces accidents continuels qui se lient à l'état incandescent du noyau terrestre, elle a vu souvent ses riantes campagnes envahies par les laves, ses édifices écroulés, son sol fendillé, et une partie de ses habitants ensevelis sous les cendres.

La ville actuelle de Catane est bâtie en grande partie sur d'anciens courants de lave, quelquefois sur le tuf volcanique ou sur les anciennes ruines de la ville, d'autres fois sur les bancs de grès qui alternent avec les sables pliocènes; enfin, quand on ne trouve aucune de ces roches, on est obligé de creuser jusqu'à la couche imperméable d'argile sur laquelle on jette les fondements.

En sortant de la porte Ferdinanda, à l'ouest de la cathédrale de Catane et à trois cents pas à peu près sur la route de Palerme, on trouve à gauche un chemin traversé par un petit courant de lave de 1669 qui conduit aux collines des terres fortes. Quelques pas plus loin, sur la lisière de la route, on rencontre le ravin de la Limosina, et à sa gauche l'ancienne carrière d'argile exploitée pour la fabrique des tuiles et des briques, aujourd'hui en partie couverte par les immondices de la ville et remise en culture. Voyant qu'elle m'offrait une coupe qui reproduisait en miniature presque tous les dépôts successifs des collines des terres fortes, je l'ai prise :

Coupe de l'ancienne carrière d'argile dite Fossa della Creta.



t. Tuf volcanique, $1^m,30$; *s.* blocs et conglomérats, $1^m,50$; *q.* sables jaunes, $2^m,50$; *p.* argile alternant avec petits lits de sable, 10 mètres.

Dans cette coupe, le dépôt des blocs est très peu développé, les couches de marne et sable ferrugineux sont à peine visibles, de

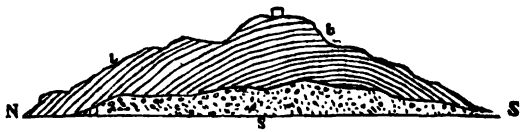
même que celles des grès; mais dans notre coupe ci-dessous on trouvera que presque tous les dépôts se suivent sur une grande échelle.

Coupe des collines des terres fortes de Catane.

Échelle de 80 millim. par kilom. pour la longueur.

Je vous donne aussi une petite coupe du mont de l'Acquicella, à deux cents pas en dehors de la porte Ferdinanda, sur la route de Syracuse, pour vous montrer que le tuf repose directement sur les blocs.

Coupe du mont dit l'Acquicella.



Argile.

L'argile forme la base de toutes nos collines des terres fortes de Catane dirigées au sud, au sud-ouest et à l'ouest de cette ville. La couche la plus inférieure, que les ouvriers atteignent seulement dans les grandes sécheresses de l'été, est bleue; elle a presque 1 mètre d'épaisseur. Les autres couches sont vertes, un peu jaunes à la partie supérieure; elles vont en s'amincissant de bas en haut, et alternent avec des petits lits de sable qui ne dépassent pas 1 centimètre d'épaisseur. Ces argiles en bas sont grasses, onctueuses et fines; elles conservent, en cuisant au feu, les formes que lui a données le potier. En haut elles deviennent plus sableuses, et font plus d'effervescence avec les acides. J'ai évalué à peu près l'épaisseur de ces argiles à Nesima, chez M. F. Anzaloni, et à côté chez M. Papale, à 70 mètres d'épaisseur. C'est dans l'argile jaune supérieure qu'on trouve les fossiles dont je vous donne la liste à la fin de cette note. C'est aussi dans ces argiles supérieures qu'on trouve, dans

un petit rav ı à côté de la route de San-Torado, beaucoup d'empreintes de feuilles dicotylédonées, et à Cesali, dans une marne noirâtre, beaucoup de lignites. A la partie inférieure, ces fossiles sont rares et plus difficiles à extraire. J'ai trouvé dans les terres fortes, à Acitrezza et dans la vallée de San-Biagio, beaucoup de foraminifères, d'oursins et autres fossiles inédits. Les couches de ces argiles, à la nouvelle carrière de la fosse de la *Creta*, sont un peu tourmentées, tandis qu'à Cefali, Nirreti et Acitrerra, ces mêmes couches sont presque redressées.

Sables et grès.

Le dépôt qui succède à ces argiles, est un sable formé de petits grains de quartz plus ou moins chargés d'oxyde de fer. Ces sables alternent à la partie supérieure avec des bancs de grès grossier plus ou moins ferrugineux et compacte, à ciment calcaire, et d'une épaisseur qui varie depuis 10 centimètres jusqu'à 1^{m},20. Dans ce dépôt, je n'ai trouvé que des *Spondylus gœderopus*, des *Murex brandaris* et quelques *Buccinum*. Dans la ferme du Sordo de M. le baron Bruca et dans les environs, ces sables et grès atteignent près de 50 mètres d'épaisseur; elles s'étendent dans toutes les collines des terres fortes, depuis Tiriti jusqu'au Symethus, et de là se continuent à Cimino, Poggio Falcone, Fontanazza, Cisira, Recuperelli, San-Martino, Asmondo, Serraci, Bicocca, Bombacaro et Limosina. Au nord et au nord-est de Catane, le dépôt des grès manque, et la petite couche de sable qui les précède a été soulevée avec les argiles et les basaltes par les agents du foyer central.

Sables ferrugineux et marnes.

Le dernier dépôt du pliocène qui recouvre les sables et grès précédents est une alternance de couches minces de sables ferrugineux avec des marnes argileuses et des marnes calcaires. Ces dernières contiennent plus de 40 pour 100 de carbonate de chaux, de l'alumine, de la silice et des nodules qui, outre ces éléments, contiennent un peu de magnésie. A Bombacaro, dans une ferme des pères Bénédictins, ces marnes calcaires atteignent jusqu'à 25 centimètres d'épaisseur, et je les ai exploitées avec avantage pour l'amendement des terres; elles se délitent très bien à l'air et à la rosée. Dans le vallon des deux Alambichi, entre Santo-Torado et le Télégraphe, ce dépôt dépasse 15 mètres. A Camulio, propriété

des religieuses de Santo-Placido, à 280 mètres au-dessus du niveau de la mer, ces couches sont aussi considérables, et contiennent des bancs d'Huîtres, d'Anomyes et de *Pecten* qui, ne trouvant pas de rochers dans ce milieu, se sont attachés les uns aux autres, et forment des espèces de petits récifs. Ce dépôt est constant dans presque toutes les collines des terres fortes, à moins toutefois qu'il n'ait été dénudé, comme je le prouverai par la suite.

Profil de la colline de Cefalì.

Ici il faut faire une remarque de quelque importance. D'abord j'avais réuni les grès grossiers et les sables ferrugineux et marnes à l'étage pliocène, parce que j'avais trouvé dans les couches quelques fossiles marins analogues à ceux de l'argile (1), tandis que dans les dépôts de transport violent je n'avais jamais trouvé que des fossiles exclusivement terrestres; mais ensuite j'ai remarqué à Cefalì les argiles et la petite couche de sable jaune qui les recouvre redressées, et les graviers avec cailloux et blocs erratiques demeurent dessus horizontalement, et sont évidemment en stratification discordante avec elles. De plus, à la Leucatea, à Acitrezza et Castello, à Nirreti, en un mot, partout au nord, on trouve les argiles et la petite couche de sable redressées, et l'on ne trouve aucune trace des grès ni des marnes supérieures. Donc les argiles au nord de Catane ont été émergées par les basaltes comme les calcaires de Syracuse au sud, et ont laissé entre eux un golfe qui se prolongeait alors jusqu'au-dessous de Paterno, où se sont déposés les grès grossiers, les marnes supérieures et les autres dépôts que nous examinerons bientôt.

Quelques observations sur les fossiles du pliocène.

A la fin de cette note, se trouve une liste des fossiles du pliocène. Sur 144 espèces, d'après M. R.-A. Philippi, 15 espèces seulement seraient perdues, et 129 vivraient encore dans les mers

(1) Je donne une liste séparée de ces fossiles à la fin.

actuelles. Parmi les espèces éteintes, 14 ont été trouvées par M. Philippi à Nizzeti et à Cefali, et l'une (le *Dentalium elephantinum*, L) qu'il rapporte au calcaire de Girgenti, de Buccheri et de Calatabiano, a été trouvée à Acitrezza, par M. Gemmellaro fils, dans une excursion dans laquelle il m'a suivi. Parmi les 129 espèces fossiles, M. Philippi en a trouvé 115 identiques avec celles qui vivent dans la Méditerranée, et 14, selon lui, appartiendraient à d'autres mers. Alcide d'Orbigny, dans son *Prodrome de paléontologie stratigraphique*, passe en revue 60 de ces espèces, dont 1 qu'il rapporte à son étage 25, 9 à son étage 26, et 50 à son étage 27. La majorité reste donc acquise en faveur du subapennin ou pliocène ; mais dans son *Cours de paléontologie et géologie stratigraphiques*, il paraît que d'Orbigny est d'avis que ces espèces sont presque entièrement perdues, et en cela il serait en opposition avec M. Philippi, comme du reste il le dit ouvertement dans le § 54 de l'introduction de son *Prodrome*.

Alluvions anciennes ou pliostocène.

C'est en étudiant de près la nature de ces sédiments que j'ai pu me rendre compte de leur provenance et de la manière dont ils se sont déposés. Voici la liste de toutes les roches et des fossiles les plus répandus dans cette formation.

1. Sable ou marne.
2. Grès quartzeux, à ciment siliceux, plus rarement à ciment calcaire.
3. Quartzites.
4. Basaltes globulaires, et, plus rarement, basaltes massifs et homogènes.
5. Brèche calcaire, à ciment siliceux, et brèches siliceuses plus rares.
6. Grès avec Nummulites et Orbitolites.
7. Macigno.
8. Schistes fissiles, composés essentiellement d'alumine et de mica.
9. Calcaire nummulitique et calcaire compacte ou marneux.
10. Granite granulaire à mica d'argent ou à mica noirâtre.
11. Leptinite avec petits cristaux de grenat, quelquefois moucheté par le mica.
12. Gneiss, beaucoup de variétés.
13. Micaschistes, beaucoup de variétés.
14. Grès crétacé fossilifère.
15. Roches quartzeuses.
16. Diorite à fascicules d'amphibole.

17. Débris de cristaux de gypse.
18. Grauwacke métamorphique.
19. Nodules de carbonate de fer.
20. Des *Astrea* et des *Acrosmilia*, et autres zoophytes roulés.
21. Des défenses d'Éléphant qui tombent en poussière en les déterrant, et dont je possède plusieurs débris.
22. Enfin, beaucoup d'Hélix et de Cyclostomes qui me paraissent analogues aux espèces vivantes.

Ce qui m'a frappé beaucoup, c'est la grande quantité de ces roches feldspathiques, amphiboliques et micacées, qu'on trouve dans ces dépôts quaternaires; mais ensuite en les examinant depuis Cefali jusqu'à Licudia, et à la Capella, près de Ramacca, en traversant toute la plaine de Catane, je me suis convaincu que, dans toute cette étendue, il faut distinguer, pour les courants qui ont accumulé toutes ces matières de transport, un flot général venant du nord-ouest et se partageant en deux branches, l'une passant entre Maletto et Froina, l'autre entre ce dernier pays et Leonforte, et convergeant toutes les deux vers la plaine de Catane. A la première de ces branches, qui est la plus étendue, se rattache la grande coupure de la vallée du Symethus qui aboutit aux montagnes de Caronia, près du cap Calava, où nous connaissons, d'après la belle carte géologique de M. J. Hoffmann, l'existence de ces roches. En effet, ces roches granitiques aboutissent d'un côté depuis Licudia jusqu'à Cefali, et parallèlement à cette ligne depuis Costantina et Baé jusqu'à la Finouhiara; réunies à tous les autres matériaux, elles se sont répandues d'abord dans toutes les hauteurs depuis Licudia, Paterno, Valcorrente, Terres Fortes, et ensuite dans la basse plaine de Catane. Probablement tous ces dépôts s'étendaient beaucoup plus au nord, mais pour le moment je ne peux pas en tracer les limites de ce côté, où ils sont recouverts par les laves.

A la seconde branche, il faut rattacher la coupure du Dittaino, et la petite coupure de Gurna-Longa qui a formé la haute plaine de Catane qui aboutit à la Ligona et Ligonella d'une part, et à la Finouhiara de l'autre, où se termine le plateau de Catane, dans lequel je n'ai pu trouver aucune des roches en question, mais principalement des grès, des calcaires, des schistes fissiles, des sables et des marnes. Ce n'est pas seulement la nature des roches qui m'a aidé à reconnaître la provenance de ces courants, mais aussi les dénudations existant dans ces deux sens, les traces de blocs superficiels énormes épars dans ce trajet, et enfin le sens des vallées qui sont toutes découpées dans les deux directions que nous venons d'indiquer, ce qu'on peut du reste vérifier dans

la grande carte de la Sicile de M. le baron de Schmetteau, tirée de l'Office topographique de l'état-major, où elles ont été très bien marquées.

Les matériaux apportés par la première branche de ces courants forment à la partie inférieure un conglomérat de cailloux, dont le diamètre varie de 1 à 10 centimètres et qui sont soudés par une quantité notable de carbonate de chaux provenant de l'érosion des marnes calcaires. En effet, on trouve dans tous ces poudingues une grande quantité de nodules magnésiens qui caractérisent le dépôt précédent. Ces poudingues sont recouverts par des graviers provenant de l'érosion de grès et de roches quartzeuses, sur lesquels reposent des blocs qui ont depuis 10 jusqu'à 90 centimètres de longueur. Les gros blocs sont toujours en grès, en basalte ou en quartzites. Ces blocs sont aplatis, plus ou moins allongés et à angles arrondis. Je les ai très attentivement examinés pour tâcher d'y découvrir ces petites raies que M. Ed. Collomb a remarquées dans le diluvium alpin et M. Scipion Gras dans le Dauphiné, mais inutilement : notre diluvium ne présente rien qu'on puisse assimiler à des moraines. La plus grande épaisseur de tous ces matériaux de transport peut atteindre, près de Tiriti et dans la vallée du Cafaro, de 30 à 40 mètres. La composition minéralogique et la provenance des roches des poudingues semble être la même que celle des blocs. Les points les plus élevés où ont été déposés les cailloux et les blocs entraînés par ces courants, sont Licudia, Scittino, Paterno, Tiriti à 305 mètres au-dessus de la mer, Misterbianco à 214, Cardillo à 295, Camulio à 280, Monte-Pô à 252 mètres (1). Les autres collines situées à l'E., S.-E., S., S.-O. de la Motta, à 271 mètres, que nous pouvons prendre comme centre de ce dépôt, vont en diminuant de hauteur vers la mer d'une part, et vers le Symethus de l'autre.

Les autres matériaux apportés par la deuxième branche de ce courant sont des conglomérats de cailloux avec graviers, sur lesquels reposent des marnes noires avec blocs épars, dont je vous ai exposé la composition plus haut. Ici on ne remarque plus cette grande quantité de carbonate de chaux qui agglutinait les dépôts de la première branche ; mais en revanche on y rencontre des blocs en grès bien plus considérables, parmi lesquels j'en ai mesuré qui avaient plus de 2 mètres de longueur sur $1^{m},20$ de largeur.

---

(1) Les chiffres des hauteurs de Tiriti, Cardillo, Camulio et Monte-Pô, sont dus à l'obligeance de M. l'ingénieur civil Gaspard Nicotra ; les autres ont été pris dans l'ouvrage de M. J. Hoffmann.

Dans la haute plaine, ces matériaux reposent tantôt sur des sables ou sur des marnes, mais près des Perrieri, ils reposent sur le calcaire giuggiulena des ouvriers, au sujet duquel je donnerai, dans ma prochaine note, quelques détails; j'ajouterai une liste nombreuse de ses fossiles et de ceux du calcaire de Syracuse, dont je prépare en ce moment un envoi pour M. le professeur Meneghini.

Si nous réunissons par la pensée tous ces grès épars dans la vallée du Symethus aux couches de grès et marne qui plongent au-dessous de Biancavilla et Licudia, et à celles qui sont au-dessous de Centorbi, de même si nous recomposons toutes les dénudations existant dans l'éocène des vallées du Dittaino et Gurna-Longa, nous aurons une plaine doucement inclinée vers l'est et le sud-est. Par conséquent, toutes ces matières de transport, entraînées par ces courants diluviens, n'ont rencontré aucun obstacle pour se déposer au niveau où nous les voyons maintenant; mais à mesure que ces courants et ces blocs avançaient, ils ont dû corroder et miner les matières qui offraient le plus de prise à l'action des eaux; c'est de la sorte que les grès et marnes friables de l'éocène des vallées du Dittaino et Gurna-Longa, et les sables et les argiles du pliocène de la vallée du Symethus, ont été attaqués de préférence. En même temps que ces affouillements avaient lieu et que les eaux commençaient à baisser, les matériaux précédemment amassés ont dû former une digue formidable à ces courants mêmes qui, ne trouvant pas d'autre issue, ont dû augmenter leur pouvoir destructeur en raison de la résistance, jusqu'à ce qu'ils se soient frayé un passage, et ont formé la grande vallée du Symethus d'une part, et les deux autres coupures plus au sud. C'est à cette période décroissante d'affouillement qu'on doit rapporter cette dénudation immense de tout le quaternaire qu'on remarque depuis Paterno jusqu'à Valcorrente, et ce creux considérable dans la direction de la Motta qui a formé la vallée de Cafaro, où s'est ramassée l'arrière-garde du charriage diluvien.

Les ravins de la Limosina, Bombacaro, Fontana, Rossa, Buttaceto, Amandorla del Cave, Branco, Landro, etc., prennent naissance dans de hautes collines, et sont dus à l'action érosive des eaux pluviales et torrentielles de nos pays qui tendent de plus en plus à dénuder leur sommité, et à entraîner ces blocs, ces sables et ces cailloux au pied des collines et dans les plaines sous-jacentes; mais à l'époque de cette immense débâcle dont nous avons parlé, toutes ces coupures secondaires n'existaient pas encore: la dolérite de Motta, Paterno et le cirque doléritique de San-Biagio parurent immédiatement après. Ils démantelèrent tous

ces dépôts quaternaires, et contribuèrent sans doute par ces fendillements et déchirements de toute espèce à donner le relief à nos collines, et à former les flancs de ces ravins qui sont tous ouverts vers le S.-S.-E. En effet, à Paterno, on trouve encore, au temple de la *Consolazione*, les argiles pliocènes soulevées, et les graviers et cailloux quaternaires altérés et souvent empâtés dans la dolérite même. A San-Biagio, M. Sainte-Claire Deville, notre collègue et mon maître, a observé l'effet produit par les dolérites sur le quaternaire; mais c'est surtout aux environs de la Motta que l'on peut étudier encore mieux ces bouleversements. C'est enfin à cette même époque de la dolérite et des volcans boueux de San-Biagio et de Paterno que l'Etna a dû apparaître en débutant par une grande émission de tuf et de bombes volcaniques; car c'est le dépôt qui vient recouvrir immédiatement en stratification discordante les blocs et les conglomérats (1).

Tuf volcanique.

Ce tuf est en général formé d'une alternance de petits lits de sable et de lapilli mêlés à des petits cailloux analogues à ceux du poudingue, et à des nodules magnésiens semblables à ceux des marnes supérieures, ce qui prouve qu'il s'est emparé sur son passage des matériaux préexistants. A la partie inférieure de ce tuf, on remarque de petites couches de tripoli rose ou jaune pâle, qui varient de 5 à 15 centimètres, et sont en général plus épaisses inférieurement. A l'aide du microscope d'Oberhauser et par un grossissement de 500, j'ai vu que ce tripoli contient des myriades d'individus du genre *Gaillonella*, quelques Bacillaires et un autre genre que je n'ai pu déterminer. M. Pierre Lazaro, un des premiers orfévres de Catane, a trouvé qu'il est excellent pour polir l'argent, le cuivre, l'acier, l'étain, le fer blanc, et surtout pour dégraisser et polir tous les ustensiles de ménage. C'est une découverte qui sera utilisée, j'espère, au profit du pays.

Ce tuf, je l'ai trouvé dans Catane même, à Saint-Augustin, à la Trinità et à Santa-Agata le Sciare; je l'ai suivi hors de la ville au Tortino-Vecchia, Acquicella, à la ferme de Santa-Chiara, Limo-

(1) Pour les émanations gazeuses de ces volcans boueux et les différents évents de la Sicile, on consultera avec plaisir les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de l'année 1856, t. XL, XLI et XLIII, et le *Bull. de la Soc. géol.*, séance du 15 décembre 1856, t. XIV, p. 254, etc., où l'on trouve les analyses savantes de M. Sainte-Claire Deville et des déductions théoriques d'une haute portée.

sina, Santa-Agata, Bicocca, Bombacaro, ferme du Cardinal, Palme, Santo-Torado, Papale, Fossa della Creta, Gioeni, Curia, Politi, etc. Dans ces deux dernières localités, ce tuf, oxydé et altéré au contact de la lave de 1669, est employé quelquefois comme ciment pour les constructions de la ville, mais le plus ordinairement ce sont les graviers ou les sables rougis et torréfiés par la lave qu'on emploie comme ciment pour les constructions de la ville. Dans toutes ces localités, il se trouve soit au-dessus des blocs ou bien du conglomérat. A l'ouest de Catane, nous le trouvons encore au delà de Motta Santa-Anastasia, et nous le suivons dans toute la vallée du Cafaro, entre Paterno, la vallée de San-Biagio et le Symethus. Je l'ai aperçu même au-dessus de Valcorrente. Son épaisseur au ravin de la Limosina, à San-Torado, Acquicella et Tortino-Vecchio, peut atteindre de 6 à 10 mètres; mais à Gioeni cette épaisseur dépasse 20 mètres. Ces couches sont en discordance avec les cailloux roulés; elles ont suivi tous les contours du sol sous-jacent et semblent s'être moulées dessus.

Depuis Catane jusqu'à la Leucatea et au Tasano, ce tuf, soit qu'il ait été recouvert par les laves, soit qu'il ait été dénudé, manque. Dans ces deux localités, il prend un grand développement; il a été préservé des agents érosifs par un bras de la lave de l'Ognina qui le recouvre. C'est ainsi qu'au Tasano il a près de 38 mètres d'épaisseur et près de 20 mètres à la Leucatea. Il y est en stratification discordante avec les argiles. Ce tuf diffère de celui des terres fortes, en ce qu'il contient des blocs de lave et du basalte en prismes articulés et en boule, mais à l'état roulé; de plus, on y trouve beaucoup d'empreintes végétales et des troncs d'arbres placés horizontalement, dont la moelle et l'aubier ont été détruits, et laissent des trous qui se voient même de loin.

Or ce tuf ayant été disloqué, comme je le démontrerai par la suite, toute la partie exposée au sud, qui n'a pas été protégée par le basaltoïde, a été probablement entraînée par les pluies torrentielles, et laisse à nu un escarpement absolument semblable à une falaise. Les blocs qui ont roulé au bas de la vallée étant analogues à ceux qu'on voit de nos jours dans la plage, ont fait penser à certains écrivains que le port d'Ulysse dont parle Homère s'étendait jusqu'à la Leucatea, et dans ces trous que nous avons indiqués, ils ont cru voir la place où étaient fixés les anneaux pour y attacher les galères.

M. le révérend prieur Tornambeni, professeur de botanique à l'Université de Catane, dans un mémoire très savant, a fait la

description des plantes qu'on trouve dans le tuf de la Leucatea ; il les rapporte au *Quercus ilex*, Linn., et à ses variétés *foliis lanceolatis*, *foliis ellipticis*, *obovato-elipticis*, *elliptico-elongatis*, qui vivent actuellement dans la région boisée de l'Etna.

Nous avons dit qu'on trouve dans le tuf de Tasano des articulations de colonnes que je crois analogues à celles du basalte de Saint-Paul, duquel sans doute elles ont été détachées. Cependant, quoique ce basalte soit isolé au milieu des argiles qu'il a sans doute soulevées, quoiqu'il soit essentiellement formé de feldspath et de pyroxène, quoiqu'il soit noir et d'une pâte homogène, on a voulu le confondre avec le basaltoïde qui est gris, et contient toujours des gros cristaux de pyroxène et d'olivine irrégulièrement répandus dans sa pâte. D'ailleurs je ne l'ai pas encore rencontré en prismes ni en colonnes articulées et rayonnantes ; mais la preuve la plus évidente qu'il n'est pas le même, c'est que, les prismes articulés du basalte étant mêlés au tuf et celui-ci étant recouvert par le basaltoïde, il est évident que le basalte de Saint-Paul préexistait au tuf et celui-ci au basaltoïde (1).

On avait osé prétendre aussi que le tuf des terres fortes n'était point le même que celui du Tasano, et cela d'abord parce que nous n'y avons pas encore trouvé de plantes, parce qu'il ne contient point de blocs, et enfin parce qu'on le croit exclusivement formé de débris de basalte. Quant à la première objection, je réponds qu'il n'y a encore eu dans les terres fortes aucun travail d'exploitation, et que peut-être par la suite je trouverai ces plantes désirées. Quant aux bombes et autres blocs, le tuf des terres fortes ne pouvait pas en contenir, parce que, étant éloignés de la source d'émission, ces blocs devaient s'arrêter plus près de celle-ci, par la raison toute simple que les sédiments les plus gros se déposent les premiers. Pour la troisième objection, il suffit de pénétrer dans le ravin de la Limosina, et d'examiner attentivement ces sables d'une petitesse extrême qu'on appelle cendres volcaniques, identiques avec ceux du Tasano, pour voir qu'on ne peut les confondre avec tous les autres sables. Ils peuvent contenir cependant, comme ils contiennent en effet, quelques débris de basalte, de même que nous avons remarqué des basaltes globulaires et en prismes dans le tuf du Tasano ; mais la plus grande partie de la masse dans ces deux localités doit être volcanique. La présence de blocs arrondis dans le tuf contenant beaucoup de cristaux de pyroxène,

(1) J'ai montré à sir Charles Lyell ces prismes articulés au milieu du tuf du Tasano.

dont je n'ai pas rencontré les analogues dans tous les basaltes de nos environs, et la présence de sables d'une petitesse extrême alternant avec les sables grossiers, les premiers ayant beaucoup d'analogie avec les cendres de l'Etna, et les seconds avec ses lapilli, ont été les données qui ont influencé mon opinion. D'ailleurs, quelle difficulté y a-t-il à admettre que les cendres rejetées par l'Etna à cette époque présentent à peu près les caractères de la dolérite qu'on a confondue avec les basaltes, et qui est l'anneau de passage entre les basaltes et le basaltoïde, comme celui-ci montre la transition la plus évidente entre la dolérite et les laves (1)?

Comment en serait-il autrement pour cet immense dépôt de tuf? Pourrait-on admettre la continuation d'une chaîne basaltique entre les basaltes d'Acitrezza, Saint-Paul et Licudia, qui aurait été recouverte par les laves; quand cette idée, qui n'est maintenant qu'à l'état de présomption, sera confirmée par l'observation, je m'inclinerai devant elle; mais ceux qui soutiennent que le tuf du Tasano est un dépôt de l'Etna, tandis que le tuf des terres fortes serait un dépôt basaltique, auraient-ils cause gagnée pour cela? Point du tout, ils seraient toujours inconséquents avec eux-mêmes. Puisqu'ils nient l'existence des basaltes de Saint-Paul, à plus forte raison ils nieront la suite d'une chaîne basaltique entre Acitrezza et Saint-Paul ; car alors ils ne pourraient plus soutenir que le tuf du Tasano soit volcanique (2). Enfin si toutes les raisons que je viens d'exposer n'étaient pas suffisantes, n'avons-nous pas dans les terres fortes de Catane ces mêmes couches de tripoli à *Gaillonella* pareilles à celles de la Leucatea?

Le tuf de la Leucatea et du Tasano s'étend au delà du Canalicchio ou se perd sous la lave de l'Ognina, mais plus loin il reparaît au-dessous de San-Gregorio, de Nizzeti et d'Acitrezza. Dans ces dernières localités, de même que dans la vallée du Cafaro, je n'y ai pas trouvé de tripoli. Or, ces infusoires ne pouvant exister que dans l'eau, il devait y avoir à cette époque un lac qui s'étendait d'une part depuis le Tasana jusqu'à la Leucatea placés au nord, et de l'autre aboutissait à Santo-Torado, au sud, en traversant la fosse de la Creta à l'est et la ferme de Gioeni à l'ouest, seuls en-

(1) J'ai accepté ce nom de dolérite : 1° par respect pour mon maître, M. Cordier, ayant trouvé, dans les notes rédigées à son cours, qu'il considère cette roche comme d'une formation très récente; 2° parce que c'est M. Sainte-Claire Deville qui l'a adopté le premier en Sicile pour ces mêmes roches.

(2) Le mot volcanique doit être pris comme provenant de l'Etna.

droits où j'ai trouvé le tuf avec tripoli. Ainsi ce lac pouvait avoir à peu près 9 à 10 kilomètres de circonférence, et était plus élargi au nord et se terminait en pointe au sud. Cette petite chaîne, depuis Acitrezza, Nizzeti, Catira, Tasano et Carrubella, ayant été soulevée et traversée par le basaltoïde, une espèce de mouvement de bascule a eu lieu, qui a élevé Catira, Acitrezza et Castello. En même temps le côté opposé à la ligne de soulèvement s'est affaissé ; les vallées de Nesima, Albanelli, Nicito, Mezzo-Campo, ont été formées, et le lac a été rejeté plus à l'ouest; toute la partie placée au sud de la Leucatea, du Tasano et de la Carrubella, ayant été crevassée et inclinée vers la mer, a été ravinée par les eaux pluviales qui peu à peu ont mis à découvert les argiles pliocènes (1).

Permettez-moi maintenant de vous dire comment j'ai découvert le soulèvement du basaltoïde. L'année dernière, je suis monté à la Catira pour ramasser des fossiles. Là j'ai trouvé M. Thomas Console, de Pedara, qui occupait des ouvriers à faire sauter à la mine ces grandes masses de basaltoïde, dont il employait la pierre à faire des levées pour soutenir la terre tout autour d'une petite butte ; c'est ainsi qu'il a conquis à la culture près d'un hectare de terrain qu'il a planté en vigne. Dans cette excursion, je fus surpris de trouver au milieu de l'argile un grès altéré, très dur, sans fossiles, dont les caractères minéralogiques étaient identiques avec ceux des grès de la vallée du Symethus qui a été sans doute soulevée avec le basaltoïde lui-même par les agents volcaniques. D'ailleurs, nous avions déjà remarqué que ce dépôt des grès supérieurs ne se trouve nulle part au nord de Catane ; par conséquent le morceau de grès qu'on aperçoit à la Catira appartient aux grès inférieurs. De plus, les argiles de Nizzeti et d'Acitrezza sont de plus de 90 à 100 mètres plus basses, et l'on ne trouve pas de basalte autour qui eussent produit un soulèvement antérieur ; mais ce qui m'a encore frappé le plus dans cette localité, c'est que si l'on creuse à une certaine distance dans l'argile, on

(1) M. F. Ferrara, dans la description qu'il donne de l'état de Catane et de ses environs avant l'arrivée de la lave en 1669, dit : A l'occident de la ville existait le lac de Nicito, formé par les affluents voisins. Il était environné d'arbres et d'assez jolies campagnes parsemées de charmantes maisons, qui rendaient cette vallée agréable et riante Le lac et la vallée avaient six milles de circuit et 20 pieds de profondeur. Le fleuve de flammes arrive, et en six heures il comble tout le lac de Nicito et la vallée environnante. St. di Catania, p. 184 et suiv.

trouve difficilement des fossiles, tandis qu'à proximité du basaltoïde on aperçoit certains trous où on peut les ramasser à la pelle, et, de plus, ils sont mêlés à de petits cailloux de grès arrondis, à des cristaux isolés de pyroxène, et à des matières fondues et arrondies du même basaltoïde qui sont analogues aux bombes volcaniques. De ces dernières, on en trouve autour de ce petit cône en grand nombre et de différentes dimensions. Ces cailloux et ces coquilles ont fait croire à quelques-uns que la Catira était la plage du pliocène; mais s'il en était ainsi, ces cailloux devaient être aplatis et pas ronds, et les fossiles usés comme à Anvert, dans les faluns de la Touraine ou de nos plages, et sur une grande étendue; mais puisqu'on ne les trouve que dans des fentes assez limitées et mêlés aux cristaux isolés de pyroxène, il est plus raisonnable de croire qu'à la suite du soulèvement il y a eu un crevassement du sol, et que les eaux, en se précipitant dans ces fentes, ont produit des tourbillons dans lesquels les cailloux et les coquilles ont été pour ainsi dire amassés.

Dernièrement, étant allé au Tasano, j'ai remarqué que le talus du tuf exposé au sud était incliné à 11 degrés et plongeait au N.-O., c'est-à-dire presque en sens contraire de la source d'émission du tuf. Dans toute la partie exposée à l'E, il y avait aussi des grandes fractures et des failles; dès lors, je me suis convaincu qu'il y avait eu là un petit soulèvement. En effet, je suis monté en haut, où j'ai trouvé le basaltoïde; je l'ai suivi dans tous les sens; mais le terrain mis en culture depuis longtemps ne laissait point apercevoir de traces du chemin par où il s'était frayé un passage. Je me suis rappelé alors des travaux qu'on exécutait à la Catira, et le lendemain j'y suis allé. A mon grand étonnement, j'ai trouvé les flancs de la petite butte déchirés, et l'on pouvait distinguer assez facilement les argiles soulevées tout autour; j'y monte, et je trouve au milieu de ce mamelon l'argile calcinée ou réduite à l'état de brique. A côté, sur des grandes masses de basaltoïde, des schistes phylladifères tordus et recourbés, appartenant sans doute au terrain primitif qu'il avait traversé, et aux environs plusieurs morceaux de silicates à l'état vitreux. Il était bien clair que la place où le basaltoïde avait pénétré la croûte consolidée était là; car sa traînée, dirigée vers l'est, commençait en ce point. Le cône de ce petit mamelon est tronqué, mais il n'est pas creux; il n'y a pas non plus cette accumulation de cendres, de scories et de lapilli, qu'on voit dans tous les petits cônes parasites qui s'élèvent sur les flancs de l'Etna, mais des cristaux de pyroxène isolés et les bombes que nous avons indiqués ci-dessus. Le basaltoïde ne présente pas

non plus la fluidité des laves, ni ces petites masses disjointes et scoriformes, mais au contraire des masses énormes et à surface polie, quelquefois étendues en coulées étroites sur les lieux plats, et, dans ce cas, on aperçoit seulement à sa surface des parties scabreuses, mais qui ne sont pas scoriformes dans la rigueur du mot. Dans les pentes rapides parcourues par le basaltoïde, au lieu de former un courant étroit et de peu d'épaisseur comme nos laves, il se désarticule en masses irrégulières. Le basaltoïde présente deux variétés : l'une essentiellement pyroxénique et à gros cristaux d'olivine, c'est la plus commune; l'autre feldspathique et porphyroïde, c'est la plus rare. En un mot, cette roche, par ses caractères minéralogiques et par la manière dont elle a pénétré la surface consolidée du sphéroïde terrestre, doit être considérée comme une roche intermédiaire et transitoire entre la dolérite et la lave. Je l'ai rencontrée à la Carrubella, au-dessus de San-Paolo, au Tasano et à la Leucatea, puis à la Catira, Carminello, Catorusato, San-Gregorio, Nizetti et Acitrezza, à peu près sur deux lignes parallèles, avec les mêmes caractères distinctifs, et formant des gibbosités quelquefois bien élevées. Dans cette dernière localité, il recouvre le basalte et le tuf qui est très altéré à son contact comme à la Leucatea.

D'après tout ce que nous avons dit à l'égard du tuf, on voit très bien que l'Etna a paru immédiatement après le dépôt des blocs erratiques avec gravier ; qu'il a débuté par des grandes éruptions de bombes, de cendres, de lapilli, et peut-être même d'eau, à moins toutefois qu'on n'admette un laps considérable de temps entre son apparition et celle du basaltoïde, et l'existence des sources supérieures, pour former un dépôt aussi épais que celui du Tasano, ce qui, du reste, me paraît assez probable, et je me range même à cette opinion, ayant égard à la provenance tout Etnéenne de l'Amenanus. La tradition de nos anciens écrivains, tels que Strabon (1), Tazello (2), Carrera (3), Recupero (4) et surtout Massa (5), nous apprend que le fleuve Amenanus tire sa source du lac Gorida (Giarrita) derrière l'Etna, et que les deux confluents qui se réunissaient près de Catane venaient, l'un de l'ouest et l'autre du sud de l'Etna, en passant par *Kephale*, source

(1) Lib. 7, p. 155, *Hist. univ. Ang.*
(2) Dec. 2, lib. 8, cap. I.
(3) *Mem. di Catania*, vol. I. lib. 2, cap. I, fol. 129 et suiv.
(4) *Stor. natur. et gen. dell' Etna.*
(5) *Sic. in Prosp.*, part. I, f. 325.

d'eau, aujourd'hui Cefali. Le fait est que ce fleuve devait être assez considérable ; car toute la partie basse de la ville de Catane était souvent exposée à des désastres dus à ses continuels débordements (1). Il paraît même que l'Amenanus entraînait beaucoup de sable et formait des atterrissements (2). Aujourd'hui même, dans le bras de l'Amenanus, qui, après avoir cheminé sous terre, débouche dans notre port, on trouve beaucoup de sable, dont on ne peut pas révoquer en doute la nature volcanique.

Enfin, puisque nous avons rencontré les tufs du vieux Etna à Valcorrente et dans la vallée du Cafaro, placés à l'ouest de Catane, près de Paterno, que de là nous les avons suivis à l'est jusqu'au Canalicchio et Acitrezza, et au sud à la ferme du Cardinal et aux Palmes qui sont éloignés de 36 kilomètres du val del Bove, sans tenir compte ni des altitudes ni des vallées qui sont toutes coupées à l'est, il me paraît plus raisonnable de placer le vieux Etna un peu plus au sud du cratère actuel et entre les deux confluents de l'Amenanus qui ont probablement favorisé ce dépôt.

Quant à l'âge réel de ce tuf, j'espère qu'à part les données stratigraphiques, vous aurez bientôt le secours de la paléontologie ; M. Heer dénommera les plantes nouvellement découvertes, et récemment, dans une excursion que j'ai faite avec M. Charles Cali, nous avons trouvé dans le tuf de Nizzeti, qui est là en stratification discordante avec les argiles, beaucoup de débris d'ossements de mammifères, mais peu caractérisables ; il n'est pas improbable que par la suite nous parvenions à trouver des dents ou des ossements plus complets ; mais jusqu'à ce que nous ayons ces données, on me permettra provisoirement de placer le tuf dans l'étage des alluvions anciennes ou quaternaires, et cela d'abord pour être conséquent avec nous-même, puisque nous avons considéré le basaltoïde, qui est apparu après le tuf, comme une roche transitoire entre la dolérite et les laves.

Vous connaissez déjà l'époque relative de l'apparition des basaltes au nord de Catane, où ils ont soulevé le pliocène jusqu'à la petite couche de sable qui s'était déposée avant les grès supérieurs ; vous connaissez à présent l'apparition des dolérites qu'il ne faut plus confondre avec les basaltes, attendu qu'elles ont soulevé le quaternaire et le prolongement du golfe de Catane où s'étaient déposés les grès et marnes supérieurs ; vous savez enfin l'époque

(1) Jorello, dec. I, lib. 3, cap. I. — Cordaro, *Hist. di Cat.*, t. I, cap. VI, p. 110.

(2) Jorello, dec. I, lib. 3, cap. I.

de l'épanchement du basaltoïde qui a soulevé le tuf, et qui coïncide avec l'apparition de roches analogues près du val del Bove, et a donné naissance à la période des courants laviques. Il ne me reste à vous faire connaître que l'époque de l'apparition des volcans éteints et des autres basaltes du val de Noto, et j'espère pouvoir le faire bientôt; les premiers travaux sont toujours les plus rudes, mais une fois qu'on commence à s'orienter, la besogne marche plus vite.

Dépôts de l'époque actuelle. — Alluvions récentes.

Je considère comme appartenant aux alluvions des ravins, toute cette partie sous-jacente aux collines des terres fortes, à partir des fermes du Cardone, Juncetto, Magazzinaccio et du fief du Pantano, qui sont formées aux dépens des roches existantes dans leur bassin hydrographique.

Je regarde de même, comme appartenant aux alluvions récentes, toute cette partie de la basse plaine de Catane, à partir de Carmito, Bomoicino, terres de l'Affitto, Spina-Santa, Santa-Chiara, Terremuzza, Passo de Nanico et du Cavaliere, comprises entre Binanti, Gurna-Longa, Dittaino et Symethus, qui s'étendent au sud par Mandarazzo, Cucumella, Ponte-Provisore, jusqu'à l'embouchure du Symethus, et au nord jusqu'au delà de Villa-Allegra. Ce sont les bornes ordinaires des débordements du Symethus et de ses deux confluents qui ont formé un dépôt de sable marneux et de limon considérables. Ces limons sont très légers; ils contiennent beaucoup de débris végétaux et d'insectes qui y laissent leur détritus; ils sont d'une fertilité extrême, et des agriculteurs m'ont assuré qu'après un débordement ils ont semé trois années de suite en blé ces limons, et ont obtenu des récoltes fabuleuses.

On a négligé jusqu'à présent la dérivation des eaux du Symethus qu'on peut considérer comme un grand torrent plutôt que comme un fleuve, attendu que, d'après M. l'ingénieur Dombrée, son débit à l'étiage ne dépasse pas 3 mètres cubes : ainsi dans la chaude saison, le bénéfice de l'irrigation se réduirait à très peu de chose; mais si au contraire, comme je l'ai dit à tout le monde dès mon arrivée en Sicile, on faisait la prise du Symethus pour faire du limonage au moyen de canaux à forte pente, pour que le limon se dépose avant d'arriver aux prés, alors le Symethus et les deux autres rivières, prises dans le même but, deviendraient le Nil de la plaine de Catane. De la sorte, on pourrait utiliser ces

eaux chargées de principes fertilisants solubles et insolubles, et des gaz fécondants de l'atmosphère, à bonifier le sol, en y substituant tous les principes enlevés par les précédentes cultures ; on pourra de même faire à temps l'ensemencement des blés, ce qui assure toujours les bonnes récoltes, et le colmatage pour élever le sol des terrains marécageux, seul moyen de bannir la *malaria* qui nous empêche l'été de sortir hors de la porte Ferdinanda.

Dunes.

Dans les grandes crues, ces limons et ces sables forment tantôt des îles auprès de l'embouchure du Symethus ou des alluvions sur les bords, dont la plus grande partie est entraînée dans la mer, où, ne pouvant pas former des atterrissements à cause de la violence des vagues qui viennent poussées par les vents du S.-E. de la côte de l'Asie et de la Grèce, ils sont rejetés sur nos côtes plates. Il en résulte des énormes accumulations de sable jaune, dont les parties fines, poussées dans l'intérieur des terres par les vents du S.-E., de l'E. et du N.-E., forment des petites collines qui atteignent souvent de 10 à 20 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ces dunes sont situées au sud de Catane ; elles occupent 1 kilomètre à peu près de diamètre, et s'étendent depuis Villa-Arascoja jusqu'à Presentino, au delà du Murgo. Il est regrettable de voir cette plage aride aux portes de Catane, où le *Pinus pinea*, le *P. sylvestris*, le *P. maritima*, et les palmiers croissent naturellement, où d'autres essences viendraient aussi bien ; on pourrait de la sorte fixer mieux nos dunes, former une magnifique forêt aux abords de la ville, et nos descendants seraient préservés des miasmes des marées qui se trouvent dans cette direction, et du redoutable *sirocco* qui rend cette ville peu agréable pendant l'été.

Dépôt des matières tenues en solution.

Je vous ai dit que dans le pliocène des terres fortes le conglomérat des cailloux est rempli de carbonate de chaux ; que les argiles, les sables et marnes supérieurs contiennent aussi beaucoup de matière calcaire, dont s'emparent les eaux pluviales qui suintent à travers les fentes et forment des incrustations ; mais c'est surtout dans les vallons qu'elles imprègnent une quantité plus ou moins notable de sable quartzeux, quelquefois même des parcelles de tuf, et suivant la grosseur ou la prédominance de ces éléments, l'état d'agrégation et la proportion de la matière

calcaire, elles forment des tufs calcaires, du calcaire tuberculeux ou des grès quartzeux calcarifères, mais dans des espaces assez limités et sous une épaisseur qui ne dépasse pas 2 mètres.

Dans la vallée du Cafaro, au-dessous de Paterno, et entre Licudia et ce dernier pays, on aperçoit sur une grande surface un calcaire argilifère, plus ou moins compacte, dans les vallées et les surfaces planes, et montrant surtout, dans les fentes et les accidents de terrain, beaucoup de cavités vermiculées qui traversent cette roche. Ce travertin est dû à des sources calcaires très abondantes dans ces endroits, et ne contient que des espèces terrestres appartenant à l'époque actuelle. Il est fort intéressant de voir au-dessous de Paterno un courant de lave en grande partie recouvert par ce dépôt.

Espèces vivantes à l'époque actuelle, ou perdues.	FOSSILES.	PLIOCÈNE.	LOCALITÉS.
	LAMELLIBRANCHES.		
1	*Solen vagina*, L.....*27	Argile.	Cefali, Terres fortes.
2	— *siliqua*, L.....	—	»
3	*Mactra stultorum*, L. *27	—	»
4	— *triangula*, Ren.....*27	—	Cefali, Motta, T. fortes.
4 bis.	*Corbula nucleus*, Lamk.....*27	—	Cefali, Terres fortes.
5	*Erycina Renieri*, Bronn.....*27	—	Terres fortes.
6	*Pandora flexuosa*, Sow.....	—	Cefali.
7	*Psammobia feroensis*, L.....*26	—	»
8	*Tellina nitida*, Poli.....*27	—	Terres fortes, Cefali.
9	— *distorta*, Poli.....	—	»
10	— *tenuis*, Maton et Koch.....	—	Cefali.
11	— *pulchella*, Lamk.....	—	»
12	*Lucina commutata*, Phil.....*27	—	»
13	— *lactea*, Lamk.....	—	»
14	*Donax trunculus*, L.....*27	Sables.	Catane.
15	— *venusta*, Poli.....	Sabl., arg	Cefali.
16	*Astarte incrassata*, Broc. *26	Argile.	Catira, Nizzeti.
I	*Cyrena Gemmellari*, Phil.....	—	Cefali.
17	*Cytherea Chione*, L.	Sables.	Catane.
18	— *lincta*, Lamk.....	Argile.	Terres fortes, Cefali.
19	— *rudis*, Poli	—	Cefali.
20	*Venus fasciata*, Renev.....	—	T. fortes, Cefali, Nizzeti.
21	— *radiata*, Broc.....*26	Sabl., arg.	Catane, Catira.
22	— *gallina*, L.....*27	Argile.	Cefali, Terres fortes.
23	— *verrucosa*, L.....	—	Nizzeti.
24	*Cardium echinatum*, L.....*27	—	Cefali, Terres fortes.
II	— *multicostatum*, Broc.....*27	—	Cefali.
25	— *aculeatum*, L.....*27	—	»
III	— *hians*, Broc.....*27	—	»
26	— *tuberculatum*, L.....	—	Cefali, Terres fortes.
27	— *papillosum*, Poli.....*26	—	Cefali, Nizzeti.
28	— *exiguum*, L.....	—	Cefali.
29	— *lævigatum*, L.....	—	Nizzeti.
30	— *edule*, L.....*27	—	Terres fortes.
31	— *crassum*, Desh.....	—	Cefali.
32	*Cardita aculeata*, Poli.....*26	—	Nizzeti.
33	— *corbis*, Ph.....	—	»
34	*Arca lactea*, L.....	—	Cefali, Nizzeti.
35	— *diluvii*, Lamk.....	—	Nizzeti.
36	*Pectunculus glycimeris*, Lam...*27	—	Catira, Nizzeti, vallée de Saint-Blaise.
37	— *pilosus*, Lamk.....	—	Nizzeti, Catira.
38	— *violacescens*, Lamk.....*27	—	Cefali, Catira, Nizzeti.

Espèces vivantes à l'époque actuelle, ou perdues.	FOSSILES.	PLIOCÈNE.	LOCALITÉS.
39	*Nucula sulcata*, Bronn. *27	Argile.	»
40	— *margaritacea*, Lamk.....*27	—	Cefali, Catira, T. fortes.
41	— *emarginata*, Lamk.....*26	—	Cefali.
42	*Chama gryphoides*, L.....	—	»
43	*Pecten Jacobeus*, L.	—	Nizzeti, Catira.
44	— *varius*, L.....	—	Catira, Cefali.
45	— *opercularis*, L., Lk.....*27	—	Catira, Nizzeti.
46	— *maximus*, L.....*27	—	Nizzeti.
47	— *aspersus*, Lk.	—	Motta, Terres fortes.
48	*Spondylus Gœderopus*, L.....*27	Sabl.. arg.	Terres fortes, Cefali.
49	*Ostrea cochlear*, Poli.....*27	Argile.	»
50	— *cristata*, Lamk.....	—	»
51	— *depressa*, Ph.....	—	»
52	*Anomya ephippium*, L.....*27	—	Cefali, Nizzeti.
	GASTÉROPODES.		
53	*Emarginula elongata*, Costa.....	—	Cefali.
54	— *solidula*, Costa.....	—	»
55	*Fissurella costaria*, Desh.....*25	—	Cefali, Terres fortes.
56	*Calyptrea vulgaris*, Ph.....	—	Catira, Nizzeti.
57	*Bulla utriculus*, Broc.....*27	—	Cefali.
58	— *truncatula*, Brg.....*37	—	»
IV	*Valvata striata*, Ph.....	—	»
59	*Rissoa oblonga*, Desm....	—	Terres fortes, Cefali.
60	— *monodonta*, Rivon..	—	Cefali.
61	— *calathiscus*, Loskey.....	Sables.	Catane.
62	— *Montagni*, Payer.....*27	Argile	Nizzeti.
63	— *pulchella*, Ph.....	—	Cefali.
64	— *Bruguieri*, Pay.	—	Nizzeti.
65	*Eulima subulata*, Donœ.....	—	Cefali, Terres fortes.
66	*Natica Guillemini*, Payr.....	—	Catira, Nizzeti.
67	— *macilenta*, Phil.....	—	»
68	— *millepunctata*, Lk.....*27	—	Terres fortes, Cefali.
69	— *sordida*, Swains	—	»
70	— *olla*, M. de Serres.....*26	—	Cefali.
71	*Tornatella tornatilis*, L.....	—	»
72	*Vermetus subcancellatus*, Bivon....	—	Nizzeti.
V	— *intortus*, Lamk.....	—	»
73	— *glomeratus*, Bivon.....	—	Terres fortes, Nizzeti.
74	*Siliquaria anguina*, L.....	—	Cefali.
75	*Scalaria tenuicosta*, Mich.....*27	—	Cefali, Nizzeti.
VI	— *communis*, Lamk	—	Cefali, Terres fortes.
	Solarium stramineum, Gm.....	—	Cefali.
76	*Trochus conulus*, L.....*27	—	Cefali, Nizzeti

M. Hébert communique à la Société, au nom de l'auteur, le travail suivant :

Tableau comparé des divers étages du lias, en diverses régions et suivant différents auteurs, rédigé par M. Engelhardt.

Les travaux intéressants de M. le professeur Quenstedt sur le Jura du Wurtemberg, de MM. Chapuis et Dewalque sur le Luxembourg, Terquem sur la Moselle, et Oppel sur le jurassique d'Allemagne, de France et d'Angleterre, ont servi à bien déterminer les rapports des différentes couches du lias.

On a remarqué que les marnes irisées du Keuper sont terminées par un grès jaunâtre, qui longtemps a été confondu avec les grès qui se trouvent un peu plus haut dans le lias inférieur.

Ce grès supra-keuprique est couronné par une couche de brèche osseuse et de dents de poissons, que les Anglais ont appelée *bone-bed*, et qui a été parfaitement reconnue en Wurtemberg et dans le département du Bas-Rhin. Immédiatement au-dessous de ce *bone-bed*, on vient de trouver dans le grès, au Wurtemberg, une série de bivalves que M. Quenstedt a désignées sous le nom de *precursores*, soit précurseurs du lias. Dans l'Allemagne du Nord et dans le département du Bas-Rhin, nous n'avons pas encore trouvé jusqu'à présent ces précurseurs, mais seulement des empreintes de petites bivalves indéterminables.

La position du grès de Hettange et du grès du Luxembourg est à présent bien fixée ; elle correspond au Malenstein et au Buchstein du Wurtemberg, et répond au groupe du lias caractérisé par l'*Ammonites angulatus*, Schloth. (*catenatus*, *Moreanus* et *Charmassei*, d'Orbigny).

La limite supérieure du lias avait donné aussi lieu à quelques contestations.

En France, on a considéré de tout temps les marnes à *Ammonites opalinus* comme étant du lias supérieur, mais on n'était pas certain de ce qu'on devait faire des grès jaunes qui leur sont superposés ; d'autant plus que Conybeare donne à son marly-sandstone des caractères incertains qui le rapprochent par ses fossiles autant du lias que de l'inferior oolite.

Léopold de Buch avait cru devoir faire de ce groupe la base de son Jura inférieur, en y réunissant les marnes à *Ammonites opalinus*.

M. le professeur Quenstedt a très bien établi déjà, dans son

	BAS-RHIN.	VASSY.	YONNE.	
	F. ENGELHARDT.	E BEAUMONT, DEWALQUE.	COITEAU.	LEVALLOIS.
Oolithe infér.	Calcaire bleu, *Ostrea Marshii.* — — Marnes et calcaires, *Ammonites Sowerbyi.*	ieure.		Oolithe inférieur
Lias supérieur.	ϑ Grès supra-liasique avec fer hydroxydé. — — η Marnes à *Ammonites opalinus.* — — ζ Marnes à *A. radicus* et *Trochus duplicatus.* — — ε Marnes feuilletées, bitumineuses, avec Posidonies.	ns supérieur. — — arnes argilo-bitumineuses.	Lias supérieur. — — Marnes argilo-bitumineuses.	Marnes supérieu avec mine de fer hydroxyd — — Marnes schisto bitumineuses, avec Posidonie
Lias moyen.	δ Marnes et calcaires à *A. amaltheus*, et *Gryphea cymbium.* — — γ Marnes claires à *A. Davœi.*	Calcaire noduleux. — — *Gryphea cymbium.* — — Marnes sans fossiles. — — Marnes à *Belemnites.*	Calcaire avec *Gryphea cymbium.* — — Marnes sans fossiles. — — Marnes à *Belemnites*,	Grès médio-liasiq — — Marnes moyenn *Pecten æquivalv* — — Calcaire ocreux — — Marnes inférieur *Hypopodium ponderosum.*
Lias inférieur.	β Argiles et marnes à *A. Turneri.* — — Assise à *Pentacrinites tuberculatus.* — — Calcaires à *A. Bucklandi.* — — α Assise à *A. angulatus.* — — Assise à *A. psilonotus*, Quenst.	Calcaire à Gryphées arquées.	Calcaire à Gryphées arquées.	Calcaire à Gryphées arqué — Marnes rouges
Keuper.	Bonebed, Grès supra-keuprique. Marnes irisées.	arnes irisées.	Infra-lias.	Grès infra-liasiq — — Marnes irisées

Flötzgebirge Wurtemberges, qu'il est difficile de poser une limite entre les marnes à *Ammonites opalinus* et le grès supraliasique avec mines de fer hydroxydé, et qu'il faut placer la ligne de démarcation du groupe de l'inferior oolithe, soit au-dessous des marnes à *opalinus*, entre ces marnes et le groupe des *Ammonites radians* et *jurensis*, soit au-dessus du grès, à la naissance des assises à calcaire bleu avec *Ammonites Sowerbyi*. Entraîné par l'exemple de de Buch et par des considérations sur la conformation du Wurtemberg, il a adopté la première de ces limites, et a commencé son Jura brun avec les marnes à *Ammonites torulosus*, qui sont la première sous-division des marnes à *opalinus*.

Les travaux judicieux de M. Marcou sur le Jura salinois, de MM. Levallois, Terquem et Jacquot sur la Meurthe et la Moselle, prouvent jusqu'à l'évidence que les marnes à *Ammonites opalinus* et le grès supraliasique avec fer hydroxydé font encore partie du lias, et que ce n'est qu'au-dessus de ce grès que commence l'oolithe inférieure proprement dite, le bajocien d'Alc. d'Orbigny. Toutefois, il faut prendre bien garde de ne pas confondre le fer hydroxydé du grès supraliasique avec le fer oolithique du calcaire ferrugineux, qui le suit de tout près.

Voici le tableau synoptique du lias de France, d'Allemagne et d'Angleterre :

Le Secrétaire lit la lettre suivante de M. Ami Boué :

Vienne, le 19 mars 1858.

Mon cher Président,

Je vous prie de communiquer la note suivante à la Société géologique. Si ma réponse est tardive, c'est que je suis à 260 lieues et que le *Bulletin* est en retard. Il s'agit de la question de savoir si *les prétendus Nullipores du Leitha-Kalk ou du terrain néocène sont des algues, ou ne sont que des concrétions organiques* (Voyez *Bull.*, 1857, vol. XIV, pp. 407 et suiv.).

Deux personnes, également chères à mon cœur, sont mes antagonistes dans cette question : d'un côté, Desnoyers, mon ancien camarade d'études géologiques sous M. Ménard la Groy, cet excellent et profond savant qui s'est vraiment illustré par son travail de 1829 sur les dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine ; de l'autre part, Haidinger, cristallographe et physicien distingué, mon collègue de l'Académie ; néanmoins, je crois toujours qu'en science la vérité doit passer

avant le désir de complaire à un ami (Voyez mon *Essai sur l'Écosse*, 1820, préface, p. x). Heureusement mes deux amis n'ont pas l'orgueil de se croire infaillibles ; loin de là, ils professent l'amour de la vérité, du progrès. Or, il s'agit ici, relativement à Desnoyers du moins, d'une divergence d'opinion datant de trente ans.

Quels pas énormes n'a pas fait la science, en général, et surtout celle qui s'appuie sur les observations microscopiques et chimiques! Les instruments ont été perfectionnés, l'anatomie et la physiologie animale et végétale sont entrées dans des voies toutes nouvelles; des substances chimiques ainsi que des procédés ingénieux ont été découverts, qui permettent de faire avec exactitude des observations autrefois impossibles. Comparez, par exemple, les injections actuelles animales et végétales à ce qu'on pouvait produire de meilleur en ce genre il y a trente ans; voyez les perfectionnements apportés à la photographie par l'application pratique de calculs mathématiques, par M. Petzval. Eh bien! lorsqu'il aura achevé la même réforme pour les microscopes, l'observateur pourra pénétrer encore plus loin dans les mystères de la vie organique, etc., etc. Je passe à mon sujet, car on doit me comprendre.

Ma réponse à M. Haidinger reste toujours la même; d'ailleurs ses observations ont été faites à la loupe et non au microscope. Tout ce qu'il décrit est vrai (*Berichte den Mittheilung. v. Fr. d. Naturwiss. in Wien*, 1848, vol. IV, p. 443-446), mais cela n'empêche pas que *sa conclusion ne soit fausse*. Les figures qu'il donne sont précisément celles de groupes de varechs calcarifères. Les formations pisolithiques n'affectent point des formes si régulières, ce qu'il reconnaît lui-même en disant que, s'il avait raison, ces formes si remarquables ne constitueraient qu'une *nouvelle division reliant les pisolithes à ces formes ramifiées produites quelquefois par des infiltrations calcaires ou même ferrugineuses dans des sables ou grès désagrégés*. Personne ne sera surpris de voir des masses testacées, car de tels encroûtements, ou plutôt sécrétions calcaires, s'observent toujours autour et au point d'attache des algues calcarifères sur le roc. Comme on l'a très bien dit, la nature a donné à ces plantes cette faculté de sécrétion ou précipitation calcaire pour les rendre moins fragiles, parce que leurs habitations ordinaires sont des récifs ou rochers battus par les flots ou exposés à l'influence de courants.

La note de M. Desnoyers m'a surpris, en ce sens qu'il a cru pouvoir tirer de ma communication une déduction qui était fort

éloignée de ma pensée; je veux parler de l'absence de polypiers dans ces faluns. Ils en sont pleins; Desnoyers et tous ceux qui ont décrit ces amas calcarifères en ont été étonnés et les ont plus ou moins bien indiqués. Comme aujourd'hui, ils reconnurent souvent les varechs. La question n'est point là, mais elle consiste à déterminer de quelle nature inorganique, végétale ou animale, sont les parties à structure concrétionnaire, rameuse, en choux-fleurs, etc., qui paraissent former la masse principale au moins de notre *Leitha-Kalk* et d'une partie des faluns. Or, ces parties à formes si particulières varient considérablement; elles nous présentent souvent une touffe entière de varechs calcarifères, et, tout aussi fréquemment, des branches ou rameaux isolés, des fragments de ces derniers ou des débris roulés, méconnaissables à la loupe même. Établir un passage de l'une à l'autre de ces diverses formes est une chose des plus aisées. La véritable structure pisolithique ne s'y trouve jamais quand on considère ces objets sous le microscope.

Le *Mémoire* de M. Unger, qui n'est pas encore imprimé, est accompagné de dessins au microscope; il sera inséré dans le recueil des *Mémoires de l'Académie de Vienne*, in-4°. Nous n'en connaissons que le court extrait suivant:

« Le docteur Reuss, tout en reconnaissant que beaucoup de per-
» sonnes croient à l'origine végétale de nos restes singuliers du
» Leitha-Gebirge, a cru devoir en faire son *Nullipora ramosissima*.
» Philippi a prouvé indubitablement que plusieurs des formes
» organiques calcaires, placées jusqu'ici parmi les zoophytes
» marins, n'étaient que des algues d'un genre particulier, dont il
» a fait les deux genres *Lithothamnium* et *Lithophyllum*. En sou-
» mettant les restes organiques en question à l'action d'un acide
» mélangé d'eau, on enlève le calcaire et il ne reste que le tissu vé-
» gétal, qu'on ne peut méconnaître. On y reconnaît que ce der-
» nier consiste en des tuyaux parallèles, qui sont unis ensemble
» par des communications latérales. Le calcaire est sécrété et se
» dépose aussi bien dans la substance gélatineuse ou la membrane
» enveloppante, que dans l'intérieur même des parties élémen-
» taires elles-mêmes, où se trouvent aussi, à côté, de riches dépôts
» d'*Amylum;* de telle manière que le tissu est converti en une
» substance compacte et uniforme. Ce sont donc des plantes qui
» se pétrifient, pour ainsi dire, elles-mêmes, et dont la vie ne per-
» siste qu'aux extrémités, comme chez les polypiers. Par divers
» moyens et procédés d'observations, notre habile phytologue a
» pu déterminer que le *Leitha-Kalk* n'est composé en grande partie

des restes de pareils végétaux. » Attendons donc toute sa
verte.

n, dans son *Mémoire*, il parlera aussi de la couleur rose ou
que conservent encore assez souvent ces touffes, fragments
ris de varechs calcarifères. Or, on sait que cette coloration
ticulière à beaucoup d'algues; si elle était due à la présence
ntelle du fer ou du manganèse, elle ne serait pas restreinte
euls corps organiques, mais s'étendrait dans la masse adja-
ou entourante, ce qui ne s'observe jamais. C'est une colora-
robablement non métallique, peut-être due à l'iode, comme
oup d'autres dans le règne végétal. Haidinger n'a pas pu
r un mot pour expliquer cette particularité, et Desnoyers
arle pas.

comparaison visuelle de ces pétrifications avec ce qui existe
dans la nature sur nos côtes, avec ou sans couleur rose, a
ssi produite à l'Académie par M. Unger. Les preuves sont
ncantes, à mon avis.

Michelin fait observer que les recherches de M. Damour
ent avoir résolu la question que discute M. Ami Boué
a lettre précédente.

Scipion Gras lit la note suivante :

ien de quelques assertions de M. d'Archiac relatives à
sociation des coquilles du lias aux végétaux houillers
s les Alpes; par M. Scipion Gras.

s la séance de l'Académie des sciences du 22 février der-
où une discussion s'est élevée sur l'association des plantes
ères aux coquilles liasiques dans les Alpes, M. d'Archiac a
les propositions suivantes : « Le mélange des plantes houil-
avec des coquilles du lias, en admettant sa réalité, est un
encore si restreint, constaté sur une si faible épaisseur et
si peu de localités, en supposant même qu'il y en ait plu-
s, ce dont je doute, qu'il ne peut être regardé que comme
ccident fortuit..... Cette association, en opposition avec tout
ue présente l'histoire de la vie à la surface de la terre, n'est
ne *apparence trompeuse*..... Tout ce qui a été dit depuis
(depuis la première observation de M. Élie de Beaumont) a
ouru seulement à faire connaître des fossiles du lias sur di-
points, et des plantes houillères sur d'autres, mais non

» d'une manière absolue l'association ou la contemporanéité des » premiers avec les secondes (1). »

Nous devons faire une réponse détaillée à ces assertions extraites textuellement et à d'autres phrases exprimant les mêmes idées, car elles ne tendent rien moins qu'à annihiler de nombreux et consciencieux travaux entrepris sur la constitution géologique du terrain à anthracite, travaux dont nous sommes devenu solidaire en y prenant une part assez étendue. Nous allons montrer que M. d'Archiac n'a pas tenu compte d'un principe élémentaire de géologie pratique; que, par suite, il a apprécié inexactement ce qui a été écrit depuis trente ans sur les couches anthracifères; enfin qu'il a confondu deux choses très distinctes, les faits et les théories.

Le principe de géologie dont M. d'Archiac n'a pas tenu compte est celui-ci : lorsqu'un groupe de couches renferme des coquilles sur un point déterminé, si l'on peut suivre d'une manière rigoureuse le prolongement stratigraphique de ce groupe, le prolongement entier doit être considéré comme contemporain du point où les coquilles ont été trouvées. En effet, si, dans l'étude d'une contrée, on ne pouvait rapporter à tel ou tel terrain que les lieux très circonscrits où il existe des fossiles, il n'y aurait plus de description géologique possible. Dans les Alpes anthracifères, le prolongement visible et continu d'un groupe de couches peut être constaté sur plusieurs myriamètres de longueur. Cela tient à deux circonstances qu'il est bon de rappeler. Dans ce pays, les soulèvements ont parfaitement mis à découvert les tranches des assises et leurs caractères extérieurs ; en sorte que, si l'on veut s'en donner la peine, on peut les suivre sur de très longs espaces, sans cesser de les voir ni de les toucher. En outre, ces assises sont composées de roches d'une nature et d'un aspect très différents, savoir : les unes de calcaire, les autres de grès et de schiste argileux ; de plus, elles alternent ensemble; on ne court donc aucun risque de les confondre. Sans sortir de la Tarentaise, de la Maurienne et des Hautes-Alpes, on compte au moins sept à huit points différents où l'on a découvert des coquilles du lias (2). Les lieux où l'on rencontre des végétaux houillers sont beaucoup plus nombreux. Des recherches persévérantes nous ont appris que, sauf quelques

(1) *Compte rendus*, t. XLVI, p. 393.

(2) Ces points, en général éloignés les uns des autres, sont : *Petit-Cœur*, le *col de la Madeleine*, entre la Chambre et Moutiers, un point situé près du pied des *Aiguilles d'Arve*, les environs de *la Grave*,

exceptions, toutes les grandes assises calcaires pouvaient être rattachées rigoureusement aux gîtes de coquilles, qu'il en était de même des assises arénacées relativement aux gîtes de végétaux ; qu'ainsi, en parlant de cet ensemble de couches, les expressions *assises calcaires* et *calcaires à fossiles du lias* étaient synonymes tout comme celles d'*assises arénacées* et de *grès à empreintes houillères* (1). Ce premier point étant établi, nous allons voir quelles en sont les conséquences.

M. d'Archiac avance que, depuis la première observation de M. Élie de Beaumont, tout ce qui a été écrit sur cette partie des Alpes a concouru seulement à faire connaître ici des coquilles du lias, là des plantes houillères, mais non, d'une manière absolue, la contemporanéité des premières avec les secondes. Cela peut être exact, si l'on sépare les gîtes de fossiles du prolongement des couches qui les renferment, mais il n'en est plus de même si l'on a égard à ce prolongement; en effet, la plupart des mémoires publiés depuis trente ans sur le terrain à anthracite ont eu précisément pour objet d'indiquer les relations mutuelles des grandes assises qui renferment les unes des coquilles, les autres des végétaux; d'où l'on a pu conclure d'une manière certaine que ces restes organisés appartenaient à la même époque géologique. En 1828, M. Élie de Beaumont (2) a publié avec beaucoup de détails une coupe générale du système anthracifère, depuis le pied du col de la Petite-Olle (frontières de la Savoie) jusqu'au sommet du Chardonnet (Hautes-Alpes). Il a trouvé que ce système de couches était composé de huit groupes alternativement calcaires et arénacés. Dix à douze ans plus tard, nous avons repris la même coupe en partant de la Grave, point situé à 22 kilomètres S.-S.-E. du

---

les environs de *Villette*, le *col des Encombres*, les environs de *Mont-Dauphin*. On doit y ajouter *Saint-Ours*, sur les frontières des Basses-Alpes, où le terrain anthracifère est bien caractérisé.

(1) Que dirait-on à un géologue qui, partant de ce fait que les couches calcaires du terrain anthracifère de la Belgique ne renferment pas partout des fossiles, s'aviserait de soutenir, dans l'intérêt de quelque théorie, que ces couches sont carbonifères là où il y a des coquilles, et crétacées ou jurassiques là où il n'y en a pas? On lui répondrait probablement qu'il émet une de ces hypothèses qui ne méritent pas d'être discutées. Nous croyons que l'on pourrait faire la même réponse à la supposition analogue que les assises calcaires de la Tarentaise sont liasiques dans les lieux où l'on trouve des fossiles du lias, et carbonifères ailleurs. Au reste, nous ne croyons pas que cette supposition ait jamais été faite.

(2) *Annales des sciences naturelles*, t. XV, p. 353.

col de la Petite-Olle. En nous dirigeant de là vers le Chardonnet, nous avons retrouvé exactement les huit groupes de M. Élie de Beaumont avec les mêmes relations stratigraphiques (1). De plus, nous nous sommes assuré, ainsi que nous l'avons dit plus haut, que ces groupes étaient tous le prolongement visible soit de couches à Bélemnites, soit de grès à empreintes, en sorte que l'on pouvait affirmer qu'il y avait dans cette partie des Alpes une succession de *huit assises* distinctes, caractérisées alternativement par des fossiles du lias et par des plantes houillères (2). M. Élie de Beaumont s'était arrêté au sommet du Chardonnet. Nous sommes allé plus loin, jusqu'à l'extrémité orientale du système anthracifère, en continuant à couper les couches perpendiculairement à leur direction. Cette nouvelle étude nous a fait découvrir la succession en sens inverse d'assises semblables à celles du côté occidental et en même nombre; elles n'en différaient que par des variations d'épaisseur et par des détails de composition minéralogique. De là, nous avons suivi leur prolongement dans toute l'étendue des Alpes anthracifères de la Savoie et du Dauphiné. A peu près à l'époque où ces recherches nous occupaient chaque année, MM. Fournet et Sismonda, et même encore M. Élie de Beaumont, parcouraient dans tous les sens les mêmes montagnes et recueillaient des faits nombreux. Bien avant eux, M. Brochant, l'un des géologues les plus consciencieux et les plus habiles qui aient illustré la France, avait étudié la Tarentaise dans toutes ses parties. Les observations de ces hommes éminents ont été consignées dans des mémoires bien connus. Comparées entre elles et aux nôtres, elles peuvent différer dans les détails; il était impossible qu'il en fût autrement; mais quant *au fond*, savoir la constitution géologique du système anthracifère, il y a *accord unanime*. Tous considèrent ce système comme essentiellement composé de grandes assises alternativement calcaires et arénacées; ils ne doutent nullement qu'elles ne soient

(1) *Annales des mines*, 5e sér. t. V, p. 473.

(2) Nous ignorons si M. Élie de Beaumont a observé à plusieurs reprises la succession des couches que nous avons étudiées après lui. Quant à nous, que nos fonctions ont appelé chaque année pendant quinze ans à parcourir l'espace compris entre la Grave et le Chardonnet et à visiter cette dernière montagne, nous avons vérifié un grand nombre de fois, et sur des points différents, la coupe que nous avons mentionnée. Toutes nos observations ont été concordantes. Il n'y a, sous le rapport stratigraphique, *aucune différence* entre les superpositions des grès sur les calcaires et des calcaires sur les grès; les unes et les autres sont positives et *parfaitement claires*.

inséparables sous le rapport de l'âge, car il est réellement impossible de supposer partout des plissements alors qu'on n'en observe nulle part. En outre, ces mêmes géologues, conformément au principe élémentaire sur lequel nous avons insisté, ont cru devoir identifier avec leurs prolongements les parties de ces assises où se trouvent des restes organisés. En conséquence, ils ont donné comme certain que l'essence même du terrain anthracifère était de renfermer dans son sein, sur une immense longueur, des calcaires à fossiles du lias et des végétaux houillers (1). Que signifient, en présence de faits aussi nombreux et aussi solidement établis, les vagues suppositions d'*apparence trompeuse* et d'*accident fortuit?* Est-il bien sûr que M. d'Archiac ait eu une idée nette de ce qu'il a cherché à contester?

Il nous reste à faire observer que la réunion de coquilles liasiques et de plantes houillères dans le sein d'un même terrain est en contradiction, non pas avec les autres faits paléontologiques, mais avec les conséquences qu'on en a tirées, ce qui n'est pas la même chose. Nous insisterons sur cette distinction, car le plus souvent on a négligé de la faire dans les discussions relatives aux anthracites des Alpes. La conséquence fausse, à notre avis, que l'on a tirée de faits d'ailleurs très exacts, est celle-ci : *il suffit* que deux groupes de couches renferment les mêmes espèces de coquilles pour que, d'après l'ensemble des faits connus, on soit en droit de les rapporter à la même époque géologique. Nous pensons que *cela ne suffit pas*. En effet, il ne résulte nullement de l'observation que des faunes coquillières semblables n'aient pu, dans certains cas, vivre à des époques très différentes. Nous croyons l'avoir montré assez clairement dans une note publiée récemment (2), pour être dispensé d'y revenir. Avant nous, un savant, qui joint à de profondes connaissances en paléontologie le mérite d'être un excellent géologue, avait émis à peu près les mêmes idées. M. Barrande, en créant sa théorie des *colonies*, a, par le fait même, admis en principe que deux faunes distinctes, constamment superposées dans le même ordre quand elles sont réunies, peuvent cependant avoir été contemporaines, même à de petites distances. Ce principe, qui a passé presque inaperçu parce que M. Barrande n'en a fait qu'une application très restreinte, renferme au fond

(1) M. Brochant n'avait pas d'abord trouvé de Bélemnites dans les calcaires; plus tard, il a reconnu la réalité de leur existence, et son opinion est devenue identique avec celle de ses successeurs.

(2) *Bull. de la Soc. géol*, 2e sér., 1857, t. XIV, p. 562.

toute une révolution paléontologique, et une révolution heureuse, car il enlève aux théories actuelles, depuis longtemps stationnaires, ce qu'elles ont d'étroit et d'exclusif; il les rend aptes à progresser (1).

---

(1) Afin de jeter des doutes sur les inversions que l'on remarque quelquefois, dans l'ordre habituel de succession des faunes coquillières, on a souvent demandé pourquoi de pareils faits n'étaient ordinairement observés que dans les pays montagneux, surtout lorsqu'ils sont très tourmentés. Il est facile de répondre que, dans les plaines, les couches étant horizontales, on ne peut explorer la constitution paléontologique et géologique du sol qu'à la surface ou à une très petite profondeur; que souvent même cela est impossible à cause des dépôts de transport qui masquent les terrains plus anciens. Il n'en est pas de même dans les montagnes où presque à chaque pas on voit, quelquefois sur d'immenses hauteurs, les relations mutuelles de couches caractérisées par tel ou tel groupe de fossiles. Aussi est-il exact de dire que sur mille points de la surface terrestre propres à mettre en évidence des faits de géologie paléontologique, il y en a neuf cent quatre-vingt-dix-neuf situés dans les montagnes. On doit en conclure que s'il y a des successions ou des associations de fossiles s'écartant de ce que l'on observe le plus ordinairement, il y a neuf cent quatre-vingt-dix-neuf chances contre une qu'on les rencontrera dans les pays où les couches ont été bouleversées. Il en résulte également qu'en se bornant à faire des observations dans les pays plats ou peu accidentés, on s'expose à n'avoir que des idées incomplètes et mêmes fausses en géologie et en paléontologie.

Ceci nous conduit à examiner une autre assertion souvent reproduite : qu'il est impossible de faire sûrement de la stratigraphie dans les montagnes parce que le sol y est disloqué; c'est là une grande erreur. L'étude des montagnes demande des observations *nombreuses*, faites avec précaution et discernement, mais, en définitive, elle conduit à des résultats aussi certains que si l'on avait exploré une contrée à couches horizontales, parce que la multiplicité des superpositions évidentes et toutes concordantes entre elles compense largement le petit nombre de celles qui sont douteuses ou en apperence contradictoires. On peut, par conséquent, affirmer que si deux groupes de couches sont communs à la fois à un pays uni et à une chaîne de montagnes, la position relative de ces groupes pourra être établie sans sortir de la chaîne avec autant de sûreté que si l'on se bornait à des observations dans la plaine. On serait fort embarrassé de donner des preuves du contraire.

Il est essentiel d'ajouter que l'on a beaucoup exagéré les dérangements que les soulèvements ont apportés aux couches, et que l'une des causes de cette exagération a été précisément l'opinion admise *à priori*, que l'ordre de succession des fossiles indiqué par les géologues des plaines était une loi générale. Lorsqu'on a rencontré des exceptions à cette loi, on ne s'est jamais permis le moindre doute sur l'infaillibilité

Ce que nous venons d'exposer nous conduit aux conclusions suivantes : il existe une contrée étendue, comprenant la Tarentaise, la Maurienne et le Briançonnais, où l'on rencontre tantôt sur un point, tantôt sur un autre et quelquefois réunies dans le même lieu, des coquilles du lias et des empreintes végétales houillères. Les masses minérales qui renferment ces restes organisés ne sont pas des roches isolées, sans liaison stratigraphique avec ce qui les entoure ; ce sont, au contraire, des assises parfaitement caractérisées, dont le prolongement est visible sur d'immenses longueurs. Ces assises alternent réellement ensemble, non pas sur un, sur deux ou sur trois points, mais dans toute l'étendue du pays, c'est-à-dire sur une surface d'environ 35 myriamètres carrés. On n'aperçoit dans tout cet espace ni failles, ni replis, ni contournements qui puissent faire soupçonner que les alternances ne soient pas naturelles et que, par conséquent, tout cet ensemble de couches n'appartienne pas à une seule époque géologique. Voilà des faits bien définis, qui n'ont été annoncés par M. Élie de Beaumont qu'après un mûr examen, que nous avons nous-même vérifiés et précisés en y employant dix ans de travaux. Chercher à les annuler par de simples doutes non motivés, par de vagues conjectures ou des suppositions hasardées, c'est perdre son temps et sa peine. Il y a quelque chose de mieux à faire dans l'intérêt de la science, c'est de prendre les faits paléontologiques partout où ils existent, aussi bien dans les Alpes qu'ailleurs, pourvu qu'ils soient revêtus d'un degré suffisant de certitude, et de les faire tous concourir à la découverte des véritables lois qui ont régi autrefois la vie à la surface du globe.

M. Triger prend la parole à ce sujet ; il prétend avoir observé entre le Mont-de-Lans et le Freney une succession de couches qu'il considère comme pouvant être le résultat d'un double plissement. Il conclut de cette observation que l'on ne doit point rejeter trop promptement l'hypothèse des plissements,

---

des auteurs ; on s'en est pris aux couches ; on les a torturées, repliées, dénudées ; on a renversé les montagnes ; on aurait volontiers changé l'axe du monde, plutôt que de permettre aux fossiles des inversions déclarées d'avance impossibles. De nombreuses observations, faites avec cette disposition d'esprit, ont eu pour résultat, d'un côté, d'ajouter beaucoup de dislocations imaginaires à celles dont les soulèvements ont été la cause ; de l'autre, de dissimuler presque complétement les cas où les anciens êtres organisés se sont affranchis, dans leur naissance et dans leur propagation, des règles étroites qui leur ont été assignées.

par laquelle certains géologues prétendent expliquer la position relative des plantes houillères et des fossiles jurassiques dans les Alpes.

M. Sc. Gras répond qu'on ne doit voir, dans les prétendus plissements dont parle M. Triger, que de simples alternances de couches, telles qu'elles se présentent constamment dans le terrain anthracifère des Alpes.

M. Virlet fait observer à M. Triger qu'on a tort de vouloir trop généraliser les phénomènes de plissements ; que, tout en reconnaissant la réalité de ceux qu'il signale dans le terrain houiller de l'Anjou et de la Sarthe, ainsi que ceux bien plus généralement connus et plus multipliés de la même formation dans le nord de la France et de la Belgique, puisqu'ils ont été en quelque sorte l'un et l'autre le champ de ses premières observations géologiques, il n'en est pas moins vrai que ce sont là, par rapport à l'ensemble des terrains houillers, de véritables exceptions ; qu'il en est de même dans les grandes chaînes de montagnes et notamment dans les Alpes, où les mouvements de terrains ont été très nombreux sans doute, mais où les plissements proprement dits sont généralement très rares, et que les géologues stratigraphes, dans tous les cas, ne se laissent pas tromper par ces accidents quand ils se présentent, comme le supposent quelquefois un peu trop gratuitement les paléontologistes.

M. Vézian lit le mémoire suivant :

Essai d'une classification des terrains compris entre la craie et le système miocène exclusivement, par M. Alexandre Vézian, docteur ès sciences.

Je me propose, dans ce travail, de reprendre la question du terrain nummulitique au point où l'a laissé mon mémoire récemment communiqué à la Société géologique. J'essayerai d'abord de mettre en évidence la composition de ce terrain, considéré sous son facies marin, dans le bassin de la Méditerranée. Pour atteindre ce but, je comparerai mes observations en Catalogne aux recherches de MM. Leymerie et d'Archiac dans le département de l'Aude, et à celles de MM. Rozet, Lory et Renevier dans la région des Alpes. L'état actuel de nos connaissances ne me

permet guère de donner une plus large base à mes généralisations. Je rechercherai ensuite quelles sont les formations lacustres qui correspondent aux formations marines précédemment classées. J'énumérerai aussi les formations qui recouvrent les unes et les autres et avec lesquelles on ne doit pas les confondre. Cette étude me conduira, en dernier lieu, à reconnaître le parallélisme des couches qui, dans le bassin de la Méditerranée et dans celui du nord de la France, constituent la partie du terrain tertiaire comprise entre les systèmes crétacé et miocène exclusivement.

Dans un sujet aussi vaste et aussi controversé, je m'efforcerai, pour ne pas abuser de l'attention de la Société, d'être bref et de n'effleurer que les points principaux.

Formations marines du bassin méditerranéen.

Dans une note sur le terrain nummulitique de la province de Barcelone, je crois avoir établi que ce terrain se composait de cinq étages distincts. Il me reste à démontrer que ce classement est très probablement l'expression de la vérité, non-seulement dans la province de Barcelone, mais aussi dans tout le bassin de la Méditerranée.

On me reprochera sans doute d'avoir trop multiplié les coupes qui partagent le terrain nummulitique en parties indépendantes. Je répondrai que l'état incomplet de nos connaissances en ce qui touche ce terrain m'a obligé, au contraire, à restreindre les divisions. Sa puissance moyenne ne peut pas être évaluée à moins de 1500 mètres. Au Mont-Serrat, près de Barcelone, celle de l'étage que j'ai désigné en lui donnant le nom de cette montagne, atteint plus de 900 mètres. D'après M. de Verneuil, le terrain nummulitique peut avoir de 1500 à 1800 mètres d'épaisseur entre Vich et Olot (1). Son développement vertical atteint, aux environs de Biaritz, d'après M. Thorent, plus de 2000 mètres (2). Il n'y a donc rien d'exagéré à donner à chacun des cinq groupes dont se compose le terrain nummulitique anté-pyrénéen une puissance moyenne de 300 mètres, et à considérer chacun de ces groupes comme ayant la valeur donnée au mot étage. Cette opinion est d'autant plus admissible que ce grand développement dans le sens vertical n'est pas acquis, ainsi qu'on l'observe pour beau-

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. X, p. 81.
(2) D'Archiac, *Hist. prog. géol.*, t. III.

coup de dépôts tertiaires plus récents, aux dépens de l'extension dans le sens horizontal.

En cherchant à déterminer les parties qui viennent, sur un même niveau, constituer un même horizon géognostique, j'ai consulté les analogies générales plutôt que les caractères paléontologiques, car ceux-ci manquent encore de précision. Le cinquième étage se détache seul de la série épicrétacée par un caractère très net, pris dans sa faune, et ce caractère, l'absence de Nummulites, est négatif. Les autres étages renferment un grand nombre d'espèces communes; parmi ces espèces, qui ont, en quelque sorte, le don de l'ubiquité, je citerai les *Nummulites Leymeriei*, *Biaritzensis* et *Ramondi*, var. *d*. Pour distinguer ces étages les uns des autres, j'ai tenu compte du facies général de leur faune, de leur constitution pétrographique et de leur ordre constant de superposition, plutôt que de la présence à un même niveau de quelques espèces caractéristiques. Ici, et par exception, l'étude stratigraphique d'un terrain marche de pair avec l'observation paléontologique, et, dans une certaine mesure, en est indépendante.

Étage montserrien. — Aux environs de Barcelone, cet étage se décompose en deux assises : l'inférieure offre des macigni et des poudingues constamment rougeâtres et dépourvus de fossiles; l'assise supérieure se compose de marnes, de macigni et de calcaires argileux; ses roches sont grisâtres et montrent les premières Nummulites.

Dans les Corbières, d'après la classification de M. Leymerie, ces deux assises sont respectivement représentées, la première, par les poudingues, les grès et les marnes d'Albas et d'Alet; la deuxième, par les marnes d'Albas et de Tonjoncouse (1).

Dans le mémoire que M. d'Archiac vient de publier sur la géologie du département de l'Aude, cet éminent géologue place, au-dessous de la formation nummulitique, le groupe d'Alet qui constitue, selon moi, le terme correspondant de l'étage montserrien. Mon opinion est fondée sur l'identité de situation géognostique et sur la similitude de composition pétrographique. Dans l'un et l'autre cas, on voit les mêmes alternances de roches sans fossiles, poudingues, grès, marnes et argiles également rougeâtres ou panachés. L'analogie se retrouve même dans les modifications apportées à la composition, soit du groupe d'Alet, soit de l'étage

(1) *Mém. Soc. géol.*, t. I, 2e sér.

montserrien. Si, dans les Corbières, les roches si variées que je viens de nommer sont quelquefois remplacées par des assises presque exclusivement formées de poudingue calcaire (vallée de l'Orbieu et de ses affluents), il en est de même de la province de Barcelone. Les marnes, les grès et les calcaires qui entrent par égale partie dans l'étage montserrien sur un grand nombre de points, sont uniformément remplacés, dans le voisinage du Mont-Serrat, par une masse excessivement puissante d'un poudingue partagé à de rares intervalles par des bancs argileux peu épais (1).

D'après M. d'Archiac, le groupe d'Alet correspond au terrain alaricien de Tallavignes; un pareil rapprochement doit donc être établi pour l'étage montserrien

Dans le département des Hautes-Alpes, cet étage, réduit à une épaisseur qui ne paraît pas dépasser 20 mètres, est constitué par une assise que M. Lory désigne sous le nom de grès et conglomérats inférieurs sans fossiles (2).

Dans le Valais, ces conglomérats inférieurs, et avec eux l'étage montserrien, disparaissent, ce qui indique dans cet étage une tendance à se simplifier vers le N.-E. (3). Pareille tendance existe pour lui vers l'O. et vers le S.; d'où on peut conclure que la Catalogne est le point où la mer, qui recevait les premiers dépôts nummulitiques, atteignait sa plus grande profondeur.

Les grès et les poudingues nummulitiques, si développés dans le nord de l'Espagne, ne se retrouvent plus dans le sud, ou du moins y sont fort rares (4). M. de Verneuil, en signalant ce fait, l'attribue à un simple changement de facies qui cesserait dans le sud d'être côtier. Je ne puis admettre cette explication, à laquelle ce géologue éminent n'attache sans doute aucune importance; dans le sud comme dans le nord, la mer où se déposaient les couches nummulitiques était également voisine des terres émergées.

A mesure qu'on se rapproche de l'extrémité occidentale de la chaîne des Pyrénées, l'étage montserrien tend également à disparaître. La coupe prise par M. de Verneuil à San-Viante, près de Santander, semble indiquer le terme de cette tendance. « De San-Viante à Columbus, dit ce géologue, le calcaire à Nummulites

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XIV, p. 460 et suiv.
(2) *Ibid.*, t. XII, p. 17 et suiv.
(3) *Ibid.*, t. XII, p. 97.
(4) *Ibid.*, t. X, p. 84.

prend un grand dévelopement; *quant au terrain alaricien, il n'y en a pas de trace* (1). »

Étage castellien. — Dans la province de Barcelone, cet étage se compose principalement d'un calcaire brunâtre ou grisâtre. Il se partage en deux assises : l'assise inférieure offre des alternances de couches marneuses et calcaires et nous montre les premières Nummulites de grande taille; la seconde est exclusivement calcaire. Aux Nummulites se mêlent des polypiers, des *Pecten* et autres bivalves, des gastéropodes et surtout des *Natica*, des *Cerithium*, qui impriment par leur abondance un caractère particulier à cette assise.

Dans les Corbières, les termes correspondants de l'étage castellien sont évidemment le calcaire compacte de Lagrasse (classification de M. Leymerie); *l'étage nummulitique inférieur* ou calcaire à Milliolites (classification de M. d'Archiac) (2).

Dans le département des Hautes-Alpes, il faut rapporter à l'étage castellien les couches de grès et d'argile noirâtres que l'on voit, dans les coupes fournies par M. Lory (3), se superposer immédiatement aux conglomérats inférieurs. Ces couches renferment, outre les Nummulites, des bivalves nombreux, des Natices et des Cérithes. Leur nuance foncée est en rapport avec les bancs de combustible qu'elles contiennent; ces bancs de combustible n'ont pas encore été signalés en Catalogne, ni dans la région pyrénéenne occidentale. On les retrouve dans la Savoie, où l'étage castellien est constitué par une assise peu puissante de roches diverses, toujours colorées en noir par une matière charbonneuse et renfermant des bancs de combustible, toujours caractérisées par la présence des Cérithes, dont l'espèce la plus commune est le *Cerithium plicatum*. Tel est cet étage à Pernant, près d'Arraches (4); tel il est encore dans les Alpes valaisannes (5). Sur un grand nombre de points de la région alpine, mais non sur tous, une assise de grès à Nummulites se place au-dessous des bancs avec anthracite et Cérithes.

Les quelques mots qui précèdent permettent de discerner en quoi l'étage castellien de la région alpine et celui de la région pyrénéenne diffèrent et se ressemblent. La différence est dans la

---

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. VI, p. 521.
(2) Mémoires antérieurement cités.
(3) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XII, p. 17.
(4) M. Mortillet, *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XI, p. 381.
(5) M. Renevier, *Bull. Soc. géol.*, 2e série, t. XII, p. 97.

composition pétrographique, l'analogie dans le facies général de la faune. De part et d'autre, on reconnaît deux horizons paléontologiques : l'un inférieur, c'est la première zone à Nummulites; l'autre supérieur, c'est la zone des Cérithes.

Les observations de MM. Lory, Renevier et d'autres géologues ont mis hors de doute l'existence, dans les Alpes, d'une couche à Cérithes intercalée entre deux niveaux de Nummulites de même espèce (1). M. Renevier, en rappelant ce fait, déclare ne voir dans cette couche qu'un facies local. Sa constance dans les régions alpine et pyrénéenne, son grand développement dans cette dernière région, m'autorisent suffisamment à y voir, ainsi que je l'ai fait, un horizon géognostique indépendant.

Étage igualadien. — Cet étage correspond évidemment à l'ensemble que M. d'Archiac a désigné sous le nom d'*étage nummulitique moyen*. Celui-ci dans les Corbières, et celui-là en Catalogne, offrent la même situation relative par rapport aux autres parties du terrain nummulitique. Tous les deux, presque exclusivement marneux, sont formés de marnes bleuâtres ou grisâtres alternant avec des bancs de calcaire marneux ; tous les deux contiennent la même abondance des mêmes débris de corps organisés, et surtout de Turritelles et d'Operculines (*Turritella imbricataria*, *Operculina granulosa*) ; tous les deux, enfin, fournissent, à cause de leur curactère nettement tranché, un point de repère précieux. « C'est, » dit M. d'Archiac en parlant de l'étage nummulitique moyen, » un excellent horizon géognostique sur la position duquel il ne » doit exister aucune incertitude (2). »

L'étage igualadien, si facilement reconnaissable dans la région pyrénéenne orientale, se dessine avec moins de netteté dans la région des Alpes. Il existe pourtant dans les Alpes françaises, et dans les coupes données par M. Lory (3) on peut souvent signaler les couches qui en tiennent la place. Pour éviter des longueurs, je renverrai le lecteur au travail de M. Lory, et je me bornerai à transcrire la phrase suivante du professeur de la Faculté des sciences de Grenoble, phrase qui nous fournit suffisamment l'indication de l'étage igualadien dans le département des Hautes-Alpes : « A Vaudon, les Nummulites se ramassent à poignées dans » le gravier qui provient de la désagrégation d'une couche mince, » située presque à la base du terrain. Les mollusques et les poly-

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XII, p. 100.
(2) *Ibid.*, t. XIV, p. 475.
(3) *Ibid.*, t. XII, p. 17.

» piers se trouvent seulement dans une série de couches plus élevées, *d'aspect bien différent, qui renferment des Operculines, mais point de Nummulites* (1). »

Quoique l'étage igualadien semble disparaître dans la Savoie et dans le Valais, on peut encore y retrouver sa trace. La coupe prise à Pernant par M. Mortillet montre entre la couche à *Cerithium plicatum*, Brug., et le calcaire à Nummulites supérieur, un grès très calcarifère, fort dur, fort compacte, de 15 mètres environ d'épaisseur, sans fossiles (2). Au cirque de Célaire, dans le Valais, la couche à *Cerithium plicatum* est, d'après M. Renevier recouverte par une assise plus calcaire que la précédente, pétrie de Turritelles (*Turritella imbricataria*), et recouverte par le calcaire à Nummulites supérieur (3). Le grès calcarifère de la coupe de Pernant, la couche à Turritelles du cirque de la Célaire, se rattachent naturellement à l'étage igualadien; mais ce rapprochement n'importe nullement à l'existence de l'étage igualadien qui se trouve bien évidemment dans les Pyrénées-Orientales et en Catalogne.

Pour cet étage comme pour le précédent, nous constatons une différence sensible, quant à sa composition pétrographique, dans la région des Pyrénées et dans la région des Alpes, mais les caractères tirés de la faune sont concordants; ils consistent dans la rareté et quelquefois même dans l'absence des Nummulites, dont le rôle semble alors rempli par les Orbitolines et les Operculines. C'est aussi dans cet étage que les gastéropodes et les bivalves se montrent le plus nombreux en espèces et en individus, et de là le nom de *bancs à mollusques* qu'il a reçu dans les Alpes, ou celui de *marnes à Turritelles* qu'il a reçu de MM. Leymerie et d'Archiac dans les Pyrénées. Pour achever de caractériser cet étage, remarquons qu'il offre un mélange d'espèces de polypiers ou d'échinodermes qui se retrouvent dans les étages entre lesquels il est intercalé. La ligne de démarcation qui sépare ces étages résulte de la différence des roches annonçant un changement dans le mode de sédimentation plutôt que d'une variation brusque dans la nature des débris de corps organisés.

Étage manrésien. — Toutes les couches comprises, soit en Catalogne, soit dans le département de l'Aude, entre les marnes igualadiennes et les grès supérieurs sans fossiles, constituent l'étage

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XI, p. 341.
(2) *Ibid.*, t. XI, p. 343.
(3) *Ibid.*, t. XII, p. 102.

manrésien qui est ainsi nettement limité. En Catalogne, ces couches sont formées par un calcaire de couleur claire, grisâtre ou jaunâtre, tantôt seul, tantôt mêlé à des grès argileux de la même nuance. Dans les Corbières, il comprend les calcaires compactes, de couleur claire, de Conques et de Coustouge (classification de M. Leymerie), ou l'étage nummulitique supérieur (classification de M. d'Archiac). La faune de cet étage, considérée dans son ensemble, reçoit un caractère particulier des Nummulites qui s'y montrent de nouveau en abondance, et des échinodermes dont les débris sont très nombreux à sa partie inférieure.

Dans les Alpes, les limites de cet étage sont également faciles à indiquer. Il comprend toutes les couches à Nummulites immédiatement placées au-dessous du flysch. On le retrouve dans les Alpes françaises [voyez les coupes fournies par M. Lory (1)], en Savoie [voyez la coupe prise à Pernant par M. Mortillet (2)] et dans le Valais [voyez les coupes données par M. Renevier (3)]. Ce dernier géologue signale, dans la coupe prise à la Cordan, la présence des échinodermes à la base des couches à Nummulites, fait en relation avec celui que j'ai rappelé tout à l'heure, et qui tendrait à faire admettre dans la série épicrétacée l'existence d'une zone à échinodermes.

Étage rubien. — Au-dessus des couches nummulitiques dont il vient d'être question se développe une masse considérable de grès, de macigno et de schistes, avec des bancs calcaires subordonnés surtout dans la partie inférieure. Cette masse se retrouve presque partout où les couches à Nummulites existent ; mais elle est constamment dépourvue de ces foraminifères. Pauvre en débris de corps organisés appartenant au règne animal, elle se montre au contraire très riche en fucoïdes, dont les espèces le plus souvent citées sont *Chondrites æqualis*, *Targioni*, etc.

Je n'insisterai pas sur les caractères, la composition et les relations stratigraphiques de ce vaste ensemble que de nombreuses observations ont déjà fait connaître. En Catalogne, il est représenté par des grès et des conglomérats rougeâtres, sans fossiles, régulièrement stratifiés, et constituant une formation très puissante. Dans les Corbières, il est constitué par deux assises : l'une de calcaires sableux ou marneux, l'autre de grès calcaires à grains fins, placées, dans la classification de M. Leymerie, à la partie

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XII, p. 17.
(2) *Ibid.*, t. XI, p. 341.
(3) *Ibid.*, t. XII, p. 97.

supérieure du terrain nummulitique (1). Dans la classification de M. d'Archiac, son terme correspondant est fourni par les couches détritiques que ce savant géologue considère comme une modification de son étage nummulitique supérieur, et qui se développent au nord du mont Alaric sous forme de bancs alternants et non fossilifères de psammite, de grès et de poudingue.

Dans le département de la Haute-Garonne, le terrain nummulitique se termine par une assise qui, dit M. Leymerie, constitue en quelque sorte le *chapeau de l'épicrétacé*. Elle est d'une grande puissance, et se compose d'un poudingue à gros éléments calcaires, alternant avec des couches de grès dont le ciment est souvent marneux ou argileux, blanchâtre ou jaunâtre, souvent bariolé de rouge ou de violet (2).

Nous retrouvons l'étage rubien à l'extrémité occidentale de la chaîne des Pyrénées, où M. Kœchlin-Schlumberger l'a signalé sous forme de calcaire bleuâtre, très fissile, avec banc de grès intercalé. La roche ne renferme aucun fossile, si ce n'est le *Chondrites æqualis* que ce géologue s'est convaincu être le même que celui du macigno d'Italie, du flysch de Suisse et de Bavière, et du grès de Vienne (3).

Les coupes prises dans les Alpes par les géologues que j'ai eu souvent l'occasion de citer dans ce travail accusent trop nettement l'existence de couches puissantes de grès, avec calcaire subordonné au-dessus des couches à Nummulites, pour que j'insiste sur ce point. Je rappellerai seulement que le flysch se présente dans le département des Hautes-Alpes sous forme de *grès moucheté*, caractère particulier qui, dit M. Lory (4), mérite d'être pris en considération, parce qu'on ne le retrouve ni dans les grès appartenant à d'autres terrains ni dans les grès nummulitiques inférieurs aux calcaires à Nummulites.

Le parallélisme que, dans ma note sur le terrain nummulitique des environs de Barcelone, j'étais porté à admettre entre les grès supra-nummulitiques et l'étage suessonien d'Alc. d'Orbigny, m'avait engagé à ne pas adopter de désignation spéciale pour ces grès. Réflexion faite, quoique ma manière de voir n'ait pas changé dans le fond, il me paraît convenable d'apporter de l'unité dans ma nomenclature du terrain nummulitique méditerranéen, et de

(1) *Mém. Soc. géol.*, 2e sér., t. I.
(2) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. X, p. 526 et suiv.
(3) *Ibid.*, 2e sér.
(4) *Ibid.*, t. XII, p. 21.

formuler d'une manière moins absolue l'identification de ce groupe supra-nummulitique avec les formations qui, dans le bassin de Paris, peuvent lui correspondre. Je proposerai donc de donner à l'étage que j'avais provisoirement désigné sous le nom de *grès et conglomérats nummulitiques supérieurs*, le nom d'une localité de la région où se trouvent déjà celles qui m'ont fourni les noms de quatre premiers étages, et de l'appeler étage *rubien*, de Rubio, village situé près d'Igualada.

La Catalogne me paraît destinée à nous fournir le type le plus net et le plus étendu du terrain nummulitique anté-pyrénéen ; c'est ce qui me fait espérer de voir adopter la nomenclature que je propose. Tout en conservant dans sa structure générale une admirable simplicité, ce terrain s'y montre avec une grande variété dans ses roches, et un développement considérable, soit dans le sens vertical, soit dans le sens horizontal. Il est, surtout dans sa partie moyenne, d'une grande richesse en débris de corps organisés. Ajoutons que ses couches, toujours régulières, faiblement inclinées, se prêtent avec facilité à l'observation du géologue, dont l'embarras provient d'ailleurs, tantôt d'une horizontalité trop constante des strates, tantôt de leurs dislocations trop prononcées.

Pour achever de donner une idée exacte de la composition du terrain nummulitique méditerranéen, je ferai observer qu'il se compose de deux parties distinctes : l'une, inférieure, méritant seule le nom de *terrain nummulitique*, puisque seule elle renferme des Nummulites ; l'autre, supérieure, caractérisée par l'absence des Nummulites, par la pauvreté de sa faune, la nature de ses roches presque toujours détritiques, et la présence à peu près constante de fucoïdes. Ce dernier caractère lui a déjà valu le nom de *terrain à fucoïdes*.

Le système nummulitique proprement dit se décompose à son tour en deux parties. La partie supérieure correspond aux étages manrésien, igualadien et castellien. C'est celle qui se montre sur le plus grand nombre de points, qui persiste toujours, et qui, quelquefois très réduite, est simplement désignée dans quelques coupes sous le nom de *calcaire à Nummulites*. La partie inférieure ne comprend que l'étage montserrien. Elle se compose de grès et de conglomérats, et n'offre pas de débris de corps organisés, à l'exception quelquefois de Nummulites de petite taille. L'époque pendant laquelle l'étage montserrien s'est déposé constitue en quelque sorte l'aurore de l'ère nummulitique ; l'époque qui correspond au grès à Nummulites d'Acqui en est pour ainsi dire le crépuscule.

Oscillations du sol.

Aucun des systèmes de soulèvement actuellement connus ne se place entre les terrains crétacé et nummulitique; on ne peut nier toutefois qu'à la fin de la période secondaire une modification profonde ne se soit produite dans le relief du continent européen. Je n'en veux d'autre preuve que la transition brusque existant entre les deux terrains que je viens de nommer, transition telle qu'elle devra être considérée comme formant un véritable hiatus, si des observations ultérieures ne viennent en démontrer la non-existence. En outre, M. d'Archiac a déjà fait la remarque suivante: c'est que le terrain nummulitique, tout en étant en stratification concordante avec la craie proprement dite, se montre souvent aussi, soit en stratification transgressive, soit en stratification discordante, sur tous les autres terrains de l'échelle géologique (1), ce qui constitue une véritable discordance d'isolement.

Pendant la longue période qui a vu le dépôt des couches dont il vient d'être question, le sol de l'Europe a subi des oscillations successives qui achèvent de nous montrer dans les couches à Nummulites une agrégation de terrains plutôt qu'un terrain unique. Il serait aisé de retrouver la trace des oscillations du sol qui ont eu lieu entre chacun des cinq étages que j'ai énumérés. Je mentionnerai seulement les principales d'entre elles.

La première est celle qui s'est manifestée après le dépôt de l'étage montserrien ou système nummulitique inférieur. Le recouvrement des couches à *Physa gigantea* du département de l'Aude par des couches marines et la discordance d'isolement existant entre elles n'ont pu s'effectuer sans que le relief du sol ne se soit modifié d'une manière insensible. Sur d'autres points du bassin de la Méditerranée, l'absence de l'étage montserrien dénote un déplacement dans les eaux de la mer. D'un autre côté, M. Hébert a démontré que le relief du bassin parisien avait été profondément modifié après le dépôt des couches à *Physa gigantea* de Rilly. Le lac où s'étaient déposées ces couches avait été mis à sec, et l'action sédimentaire, soit dans l'eau douce, soit dans l'eau salée, avait subi une suspension dont j'essayerai tout à l'heure d'apprécier la durée.

Une autre révolution importante a précédé le dépôt du système à fucoïdes. L'existence de cette révolution est attestée par le chan-

(1) D'Archiac, *Hist. prog. géol.*, t. III, p. 5.

gement subit que l'on constate dans les produits de l'action sédimentaire et dans la faune. Aux calcaires et aux argiles succèdent des grès, des macigni et des conglomérats qui tous témoignent de l'existence de courants nombreux d'une mer agitée et peu profonde. La faune nummulitique, d'une si grande richesse, a subitement déserté le bassin méditerranéen, et n'a été remplacée que par une faune d'une excessive pauvreté.

On pourrait multiplier les citations pour démontrer l'indépendance du macigno à fucoïdes ou du flysch, par rapport au terrain nummulitique proprement dit.

« A Castellazzara, dit M. Alfred Caillaux, les schistes ou galestrins qui recouvrent le calcaire nummulitique et qui forment » la base du macigno renferment des blocs anguleux souvent creusés, » comme s'ils avaient été longtemps soumis à l'action des vagues » et des cours d'eau. Dans la contrée du Mont-Amiata, on voit le » macigno reposer à la fois et sur le calcaire nummulitique et sur » les couches ammonitifères de San-Casciano (1). »

« Aux environs de Nice, dit M. Pareto, le macigno à fucoïdes » forme une large route qui s'étend, d'une part sur le calcaire à » Nummulites, et de l'autre sur le calcaire jurassique (2). »

Si nous recherchons ce qui se passe dans les Pyrénées, nous remarquons l'observation suivante de M. Leymerie : parmi les éléments dont se compose le poudingue de la partie supérieure du terrain nummulitique de la Haute-Garonne, on aperçoit des cailloux de la formation du calcaire nankin ou du calcaire roux que, dans la même note d'où ce fait est extrait, l'on voit faire partie du terrain nummulitique lui-même (3).

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. VIII, p. 131.
(2) *Hist. prog. géol.*, par M. d'Archiac, t. III, p. 56.
(3) *Bull. Soc. géol.*, t. X, p. 526 et suiv.

			BASSIN MÉDITERRANÉEN.		BASSIN DE PARIS.
			FORMATIONS MARINES.	FORMATIONS LACUSTRES.	
TERRAIN TERTIAIRE.	Post-Pyrénéen.		*Étage parisien.* — Macigno à Fucoïdes, avec calcaire subordonné, post-pyrénéen, de la vallée du Tibre. (Cocchi, *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. XIII.)	Gypse d'Aix, avec *Paleotherium*. — Mollasse lacustre du midi de la France, avec *Paleotherium* et *Lophiodon*.	*Étage parisien*, Alc. d'Orb. — Gypse de Montmartre, avec *Paleotherium*. — Grès de Beauchamp et calcaire grossier, avec *Lophiodon*.
			SYSTÈME DES PYRÉNÉES		
	Anté-Pyrénéen.	Système Fucoïdien.	*Étage rubien.* — Grès et conglomérats supra-nummulitiques de Catalogne, des Pyrénées, etc. Flysch de la Suisse. — Grès moucheté des Hautes-Alpes. — Macigno à Fucoïdes anté-pyrénéen. — Absence de Nummulites : *Chondrites æquatis*, *Targioni*	Couches marno-calcaires rougeâtres du terrain lacustre de Provence.	*Étage suessonien*, d'Orb. — Sables coquilliers du Soissonnais. — Lignite et argile plastique du bassin de Paris. — Conglomérat de Meudon, avec *Coryphodon*.
		Système Épicrétacé. Supérieur.	*Étage manrésien.* — Étage nummulitique supérieur (d'Archiac). — Calcaires clairs de Conques (Corbières. — Couches à Échinodermes de quelques contrées. — Calcaire de Manresa (Catalogne). — Dernières couches à Nummulites, anté-pyrénéennes.	Couches à *Lychnus* de Segura (Aragon). Couches à *Lychnus* et groupe du lignite de Provence.	Lacune.
			Étage igualadien. — Marnes bleues et grises d'Igualada (Catalogne) et de Couiba (Corbières). — Étage nummulitique moyen (d'Archiac). Couches à Operculines et à Turritelles des Alpes et des Pyrénées; absence ou rareté des Nummulites.		
			Étage castellien. — Étage nummulitique inférieur (d'Archiac). — Couches à Cérithes de diverses contrées avec premières Nummulites et anthracite dans les Alpes. — Calcaire à Miliolites des Corbières, calcaire à Cérithes de Castel-Oli (Catalogne).		
		Inférieur.	*Étage montserrien.* — Premières couches à Nummulites de Catalogne. — Conglomérats et grès infranummulitiques, ordinairement sans fossiles, de diverses contrées : poudingue du Mont-Serrat. — Groupe d'Alet (d'Archiac). — Terrain alaricien (Tallavignes).	Couches à *Physa gigantea* de Provence et de Montolieu (Aude).	Calcaire lacustre, avec *Physa gigantea*, de Rilly-la-Montagne.

Mais la révolution qui a suivi le dépôt des couches à fucoïdes a été plus énergique que celle qui l'avait précédée. Tout l'espace que la mer recouvrait depuis longtemps dans le bassin méditerranéen s'est trouvé déserté par elle. De grands lacs se sont échelonnés depuis le plateau central de la France jusqu'en Afrique, et depuis la péninsule ibérique jusqu'en Italie.

Cette révolution si profonde qui a affecté le climat, la faune, le relief du sol et la répartition des terres sèches et inondées, se personnifie dans un système de soulèvements, celui des Pyrénées. Tallavignes, vieillissant le système des Pyrénées, l'avait considéré comme se plaçant entre les étages ibérien et alaricien.

M. Raulin, au contraire, en admettant le parallélisme du terrain nummulitique méditerranéen avec toute la formation éocène des bassins de Paris et de Bordeaux, émet, par rapport à l'âge de quelques-uns des systèmes de soulèvement, une opinion qui n'est évidemment que la conséquence de sa manière d'apprécier les relations qui existent entre ces terrains. Il met en doute l'existence du système de la Corse, et il rajeunit le système des Pyrénées et du Mont-Viso.

Afin de ne pas anticiper sur une question que j'aborderai tout à l'heure, je me bornerai à rappeler que le système des Pyrénées est bien immédiatement postérieur au dépôt du terrain nummulitique méditerranéen. « Toute la chaîne des Pyrénées, dit M. Leymerie, témoigne que son âge est tel que M. Élie de Beaumont l'avait fixé en s'appuyant sur un grand nombre de faits stratigraphiques. »

Mais le système des Pyrénées, tout en étant postérieur aux couches à Nummulites du bassin de la Méditerranée, a-t-il coïncidé avec l'événement qui a précédé ou avec celui qui a suivi le dépôt des couches à fucoïdes. J'ai recherché, parmi les observations des géologues, celles qui pouvaient m'éclairer à ce sujet, et je me suis convaincu que ce système était postérieur à la période fucoïdienne.

A l'appui de ce fait, je citerai le mémoire que M. I. Cocchi a écrit sur les terrains sédimentaires de Toscane (1). Je le citerai d'autant plus volontiers que sa lecture m'a conduit à détacher une partie du vaste ensemble désigné en Italie sous le nom de macigno à fucoïdes, pour en former un horizon stratigraphique indépendant, représentant probable du calcaire grossier de Paris. En ne

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XIII.

voyant, soit dans le macigno à fucoïdes supra-nummulitique, soit dans le flysch de la Suisse, qu'un seul horizon géognostique, je commettrais, avec la plupart des géologues, une erreur qu'il est important de faire disparaître, parce qu'elle rend plus difficile à résoudre la question des rapports d'âge du terrain nummulitique méditerranéen et des formations tertiaires du bassin de Paris.

M. Cocchi divise le terrain tertiaire inférieur de la Toscane en deux parties bien distinctes; il partage en outre la partie inférieure en deux assises, ce qui, en somme, donne lieu à l'existence de trois groupes.

Le premier groupe, constitué par le calcaire à Nummulites, correspond au terrain nummulitique en totalité, ou plutôt en partie.

Le second groupe, superposé au précédent, représente les couches peu fossilifères, et presque toujours détritiques qui, sous le nom de macigno à fucoïdes, de flysch ou de conglomérats supérieurs, recouvrent le terrain nummulitique. Il se compose, dans la région étudiée par M. Cocchi, de schistes argilo-calcaires ou galestrins, de calcaire à dalles avec *Nemertites Strozii*, de macigni avec fucoïdes, zoophytes peu déterminables, et *Chiton antiquus*.

Le troisième groupe signalé en Toscane par M. Cocchi se compose, comme le précédent, de macigno, d'argile écailleuse et de calcaire à fucoïdes très développé dans la vallée du Tibre, mais il s'en distingue très nettement au point de vue stratigraphique ; il en est séparé par des discordances de stratification qui se montrent dans les Apennins de Prato, ou même par des discordances d'isolement (1).

La ligne de démarcation entre le second et le troisième groupe est marquée par le soulèvement de la chaîne septentrionale de Monte-Nero, et par l'épanchement de la serpentine ancienne ou à diallage ; c'est pour cela que le calcaire à fucoïdes de la vallée du Tibre renferme en abondance des fragments de cette roche, tandis que ces fragments n'ont jamais été trouvés jusqu'ici dans le plus inférieur des deux horizons géognostiques que je viens de comparer.

La coupe donnée par M. Cocchi met en évidence les faits précédemment énoncés ; elle démontre, en outre, ce qui est important, que ce géologue n'a pas confondu le terrain miocène avec

(1) Mémoire antérieurement cité, p. 203.

aucun des dépôts rapportés par lui au terrain tertiaire inférieur.

M. I. Cocchi ne soulève pas la question de l'âge de la chaîne serpentineuse de Toscane et de l'apparition des serpentines anciennes. Mais il est aisé de suppléer à cette lacune de son travail et de reconnaître que cette chaîne se rattache bien au système des Pyrénées. M. Élie de Beaumont, en énumérant les traces de ce système, nous dit que son empreinte existe dans les chaînons les plus considérables des Apennins, et notamment entre Florence et Modène. Or, c'est précisément entre ces deux villes que la chaîne serpentineuse se développe. Elle commence au Monte-Nero, près de Livourne, et se dirige parallèlement aux Apennins toscans, dont la direction, dit M. Cocchi, est O.-N.-O., S.-S.-E. (1). Aucun motif sérieux ne s'oppose donc à ce qu'on rattache la chaîne serpentineuse au système des Pyrénées dont elle a l'âge et la direction.

Les couches nombreuses de grès, de macigno et de conglomérat qui terminent ou recouvrent le terrain nummulitique méditerranéen, se partagent par conséquent en deux groupes superposés : l'un est antérieur au système des Pyrénées et se rattache d'une manière plus intime à ce terrain; l'autre est postérieur à ce système et représente, dans le bassin de la Méditerranée, le facies marin des premières couches post-pyrénéennes. Avec lui se termine la série des couches marines déposées dans ce bassin, entre la période crétacée et l'époque miocène. Les premières couches qui se montrent ensuite sont, en effet, celles dont le grès nummulitique d'Acqui est une dépendance, et l'on sait que ce grès se place sur le même niveau que le lignite de Cadibona, renfermant des débris d'*Anthracotherium*, genre essentiellement miocénique.

Formations lacustres du sud de l'Europe.

Je vais maintenant dire quelques mots des formations lacustres qui, dans le bassin de la Méditerranée, se placent sur le même niveau que les formations marines précédemment mentionnées. Je ferai abstraction naturellement des bancs avec fossiles d'eau douce accidentellement intercalées dans les formations marines

Couches à Physa gigantea. — D'après les observations de MM. Raulin et Leymerie, il existe, dans les environs de Mon-

(1) Mémoire cité, p. 229.

tolieu (Corbières) et à la base du terrain nummulitique, une formation lacustre avec *Physa gigantea*, Lymnées, Maillots, etc., sans mélange de coquilles marines.

On sait que, dans le bassin de Paris, la *Physa gigantea* caractérise le calcaire de Rilly, c'est-à-dire un horizon géognostique supérieur au calcaire pisolithique. Le calcaire lacustre de Montolieu est donc, au même titre que le terrain nummulitique, *épicrétacé*.

Tout en tenant compte de la discordance d'isolement qui existe, quoique sur une petite échelle, entre la formation lacustre de Montolieu et la formation marine qui la recouvre, il est bon de faire remarquer que l'une et l'autre sont en stratification concordante. En outre, dans la Provence, les couches à *Physa gigantea* se montrent à la base d'une longue succession d'assises lacustres que M. Matheron a réunies sous la désignation de groupe du lignite, et que l'on a déjà été conduit à considérer comme représentant le terrain nummulitique marin presque tout entier. D'ailleurs, la *Physa gigantea* se trouve dans ces couches mélangée à des coquilles marines et à des foraminifères.

De ces faits, on peut conclure que le terrain lacustre de Montolieu et toutes les couches à *Physa gigantea* font partie du groupe nummulitique anté-pyrénéen; qu'elles se placent à la base de ce groupe, et très probablement sur le niveau de l'étage montserrien. Sont-elles l'équivalent de cet étage tout entier ou d'une partie seulement? De ces deux opinions, c'est la première qui me paraît la plus admissible. Dans les environs de Barcelone, où cet étage acquiert un si grand développement, on ne trouve à la base du terrain nummulitique aucune formation lacustre. Dans les Pyrénées centrales, où le terrain nummulitique montre, au contraire, une formation lacustre avec lignite, on ne rencontre pas ces bancs puissants de conglomérats avec calcaire subordonné, placés ailleurs dans la même situation géognostique. Dans le bassin de l'Aude lui-même, c'est lorsque le groupe d'Alet ne se présente pas que le terrain lacustre de Montolieu apparaît. La lecture de la note insérée par M. Leymerie dans le *Bulletin de la Société géologique* (1) suffit pour faire admettre que le terrain à lignite de Provence avec sa *Physa gigantea* (*Physa gallo-provincialis*, Math.) et les autres espèces qui lui sont communes est bien, par sa partie

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. VIII, p. 202.

inférieure, le représentant en Provence de l'étage montserrien.

Un autre horizon lacustre, aussi nettement défini que le précédent, est constitué par le terrain lacustre qui s'étend du Dauphiné jusqu'en Provence, et de là dans le département de l'Aude. En Provence, il renferme des débris de *Paleotherium*, et dans le département de l'Aude des débris de *Paleotherium* et de *Lophiodon*. Ces deux genres se retrouvent dans le gypse de Montmartre et dans le calcaire grossier de Paris, et, comme le département de l'Aude nous montre les couches qui les contiennent en superposition sur le terrain nummulitique, on est obligé de renoncer à tout rapprochement entre une partie quelconque de ce terrain et le calcaire grossier de Paris. La zone lacustre dont je viens de parler se développe jusque dans l'île Majorque, en Espagne et en Italie (à Ceva), où l'on a signalé la présence du genre *Lophiodon*, et en Algérie où certaines couches lacustres renferment des *Flabelluria Lamanonis* comme en Provence.

Quant au terrain lacustre de Provence, je rappellerai qu'il se compose de trois parties : une partie inférieure, désignée sous le nom de *groupe du lignite ;* une partie supérieure ou groupe du gypse ; et une partie moyenne formée par des bancs marno-calcaires rougeâtres.

Le groupe du lignite n'est cité jusqu'à présent qu'en Provence, tandis que le groupe du gypse se retrouve sur bien d'autres points de la France ou du midi de l'Europe. Le groupe des couches marno-calcaires rougeâtres semble également particulier à la Provence ; de là résultent des discordances d'isolement pouvant nous guider dans le classement des trois groupes dont se compose le terrain tertiaire inférieur de Provence. Si le groupe du gypse se place sur le même niveau que les couches paléothériennes du sud ou du nord de la France, si les couches à *Physa gigantea* correspondent à la partie inférieure du terrain nummulitique, les couches à *Lychnus* et avec elles tout le groupe du lignite viennent se placer naturellement à côté du système nummulitique moyen, et les couches rouges à côté des couches supra-nummulitiques, dont elles ont l'aspect et la nuance, si on les compare à quelques-unes d'entre elles.

M. de Verneuil signale également, auprès du village de Segura (Aragon), des couches lacustres avec *Lychnus*, et distinctes de celles qui, en Espagne, appartiennent au système miocène.

Le macigno à fucoïdes post-pyrénéen de la vallée du Tibre se place-t-il au-dessous du gypse de Montmartre, ou bien se place-t-il sur le même niveau que lui, pour constituer le faciès marin

d'un système dont le gypse d'Aix et les formations d'eau douce correspondantes seraient le faciès lacustre? Les éléments nécessaires pour résoudre cette question manquent en partie. La dernière hypothèse me paraît pourtant la plus probable. Je n'ai pas encore trouvé d'observation où le macigno à fucoïdes post-pyrénéen fût signalé sur le même point où se trouve le terrain lacustre éocène du bassin méditerranéen. Ce terrain semble être immédiatement postérieur au système des Pyrénées aussi bien que le calcaire grossier, puisqu'il renferme comme lui des débris de *Lophiodon*, et puisque, dans le département de l'Aude, il se lie d'une manière intime au terrain nummulitique. En outre, si l'on ne ramenait pas au même niveau le macigno à fucoïdes post-pyrénéen et le gypse d'Aix, on serait conduit à admettre l'existence d'une époque géologique, celle du gypse de Montmartre et de Provence, pendant laquelle la mer aurait déserté, non-seulement tout le bassin méditerranéen, mais aussi toute l'Europe, ce qui paraît contraire à la nature des choses.

Parallélisme des formations du sud de l'Europe et du bassin de Paris.

Le bassin de Paris nous montre au-dessus du calcaire pisolithique une puissante formation lacustre, connue sous le nom de *calcaire de Rilly*, et caractérisée par la *Physa gigantea*. On ne doit pas hésiter à porter cette formation sur le même niveau géognostique que les couches lacustres infra-nummulitiques du bassin de la Méditerranée; mais dans ce bassin nous avons vu les couches à *Physa gigantea* rattachées intimement à celles dont se compose le groupe du lignite de Provence; nous avons vu aussi que les couches qui, dans cette province, renfermaient la *Physa gigantea*, offraient également des foraminifères. Nous avons en outre puisé, dans la stratigraphie, les motifs qui devaient nous conduire à regarder les couches à Physes comme le représentant de l'étage montserrien, lequel, sur un grand nombre de points, passe sans hiatus à l'étage suivant. L'action sédimentaire n'a donc pas été interrompue dans le bassin de la Méditerranée, entre la formation marine correspondant aux couches à *Physa gigantea* et celle qui la suit immédiatement dans l'ordre chronologique.

Il n'en a pas été de même dans le bassin de Paris; on remarque, en effet, au-dessus du calcaire lacustre de Rilly, une lacune dont l'étendue peut être diversement appréciée, mais dont l'existence

ne peut guère être mise en doute. « Il est vrai de dire, fait observer » M. Hébert, que le dépôt lacustre se *sépare* de toutes les » autres assises tertiaires, sous tous les rapports, au point de vue » stratigraphique comme au point de vue paléontologique, tandis » que dans le reste de la série tertiaire inférieure, *toutes les assises*, » depuis la plus ancienne, les sables de Bracheux, jusqu'à la » plus récente, le gypse, *sont liées intimement les unes aux autres*, » aussi bien par la succession des fossiles, dont une partie passe » toujours d'une couche à l'autre, que par l'alternance des couches » au contact et l'absence de tout ravinement sensible, de toute » discordance générale..... Le conglomérat de Meudon et les » argiles qui le recouvrent constituent une assise formée aux dé- » pens de la craie et du calcaire pisolithique, et qui porte avec » elle la preuve que *cette dénudation a exigé un temps considérable*. » Ce creusement n'a eu lieu *qu'après* le dépôt des marnes qui » s'étaient déposées dans un lac, dont l'existence était une consé- » quence naturelle de l'*émersion* de la craie et du calcaire pisoli- » thique. C'est surtout à ce phénomène de dénudation que sont » dus ces ravinements à travers la craie sous-jacente et les sables » de Rilly..... (1).

Nous sommes ainsi conduits à admettre : 1° l'émersion du bassin parisien après le dépôt du calcaire pisolithique ; 2° le parallélisme du terrain lacustre de Rilly avec les couches à *Physa gigantea* de Montolieu et de Provence ; 3° l'existence, au-dessus de ce terrain lacustre, d'une lacune considérable dans le bassin de Paris ; 4° la continuité des couches appartenant dans ce bassin au terrain tertiaire inférieur.

Dans le parallélisme que j'essaie d'établir entre les étages tertiaires des bassins de Paris et de la Méditerranée, un autre point de repère nous est fourni par les couches renfermant des débris de *Lophiodon* et de *Palæotherium*. Ces deux genres constituent deux horizons paléontologiques immédiatement superposés, et comprenant, dans le bassin de Paris, le gypse de Montmartre, le grès de Beauchamp et le calcaire grossier, dans le bassin de la Méditerranée, le groupe du gypse en Provence et les mollasses d'eau douce du midi de la France, évidemment superposées à la formation nummulitique dans le département de l'Aude. Non-seulement le calcaire grossier de Paris, mais à plus forte raison

(1) *Bull. Soc. géol.*, 2e sér., t. XI, p. 438 et 660.

le gypse de Montmartre, se trouvent postérieurs au système des Pyrénées, et ne peuvent être mis en parallèle, ni avec le terrain nummulitique du bassin de la Méditerranée ni même avec le macigno à fucoïdes anté-pyrénéen. La stratigraphie vient ici confirmer la donnée paléontologique; car la plus grande dimension du calcaire grossier s'étend des environs de Louviers à ceux d'Épernay, dans un sens parallèle à celui du système des Pyrénées, ainsi que M. Élie de Beaumont l'a déjà fait remarquer (1).

La question des rapports d'âge du terrain éocène du bassin de Paris avec la formation nummulitique du sud de l'Europe se trouve ainsi simplifiée et ramenée à celle-ci :

Quelle est la place du groupe désigné par Alc. d'Orbigny sous le nom de *terrain suessonien*, et constitué par les sables coquilliers du Soissonnais, l'argile plastique de Paris et le conglomérat de Meudon?

L'absence de débris de mammifères dans le terrain nummulitique méditerranéen me paraît être un fait d'une telle importance que je serais tenté de croire à l'impossibilité d'identifier une couche quelconque de ce terrain avec une autre renfermant des débris d'animaux ayant appartenu à cette classe. Je ne serais donc pas éloigné de considérer le terrain suessonien comme postérieur au système des Pyrénées. Si je m'abstiens de formuler cette opinion, c'est parce que la découverte de débris de mammifères dans l'oolithe, dans les lits de Purbeck et dans le trias, m'avertit de ne pas donner une portée absolue au caractère négatif auquel je viens de faire allusion. D'ailleurs, rien ne démontre en fait ni en théorie qu'il faille supposer une relation intime entre un événement stratigraphique tel que le soulèvement des Pyrénées, et un événement paléontologique tel que l'apparition d'une faune nouvelle.

On est donc amené naturellement à porter le terrain suessonien sur le même niveau que le flysch de la Suisse et le macigno à fucoïdes anté-pyrénéen, et ce classement offre, comme on le verra tout à l'heure, une certaine raison d'être au point de vue paléontologique. Ce terrain se place sur ce niveau, parce que, bien qu'anté-pyrénéen, il se rattache au calcaire grossier d'une manière intime par des passages pétrologiques, par le caractère de sa faune et par la presque identité du bassin qui les a reçus; mais il n'est pas assez puissant, sa structure n'est pas assez complète, sa forme

(1) *Notice sur les systèmes de montagnes*, p. 446.

n'est pas assez variée, pour qu'on voie en lui l'équivalent de la série nummulitique tout entière. Il faut d'ailleurs tenir compte de la lacune considérable existant au-dessus du calcaire lacustre de Rilly, lacune qui correspondrait précisément, d'après la manière de voir que j'adopte, à la partie supérieure ou essentielle des couches à Nummulites du bassin de la Méditerranée.

Les géologues qui ont identifié d'une manière absolue le terrain nummulitique méditerranéen et les formations éocènes du bassin de Paris ont basé cette identification sur la présence simultanée, dans ce bassin et dans celui de la Méditerranée, d'un certain nombre d'espèces communes. Cette base aurait une grande valeur, si le fait paléontologique que l'on invoque ici ne se trouvait en quelque sorte annihilé par d'autres faits stratigraphiques ou paléontologiques plus importants.

Lorsque l'on compare entre eux, au point de vue de leur âge, les divers étages de la série tertiaire, il faut avoir égard au faciès général de leur faune plutôt qu'à la présence de quelques espèces considérées à tort comme caractéristiques. Je parle ici des espèces appartenant au groupe des invertébrés, car les mammifères font exception au principe que je viens d'invoquer, et les caractères fournis par leurs débris ont été jusqu'à présent d'une précision qui ne s'est pas démentie.

La formation nummulitique du bassin de la Méditerranée et la formation éocène du bassin de Paris, tout en ayant un certain nombre d'espèces communes, conservent, dans l'ensemble de leur faune, un faciès différent. En prenant même pour terme de comparaison la classe des foraminifères, on voit que le plus grand nombre des espèces de Nummulites actuellement connues est propre au bassin de la Méditerranée, et que les espèces communes aux deux bassins, dont nous comparons les formations, ne se trouvent en définitive, si je ne me trompe, qu'au nombre de cinq : *Nummulites lævigata*, *planulata*, *elegans*, *scabra* et *variolaria*.

Remarquons en outre que le genre *Nummulites* ne peut avoir dans la paléontologie stratigraphique qu'une valeur secondaire ; car il n'en est pas qui, plus que lui, ait le don de l'ubiquité dans le sens horizontal à travers tous les bassins, et le don de la persistance dans le sens vertical à travers les étages successifs. Certaines espèces se retrouvent invariablement à tous les étages de la formation nummulitique méditerranéenne.

La présence dans le bassin de Paris d'espèces qui avaient auparavant vécu dans le bassin de la Méditerranée s'explique par leur passage d'une époque à une autre, passage dont les terrains ter-

tiaires offrent trop d'exemples pour qu'on en soit étonné. C'est en partie pour mieux rendre compte de ce passage que j'ai cru devoir placer le terrain suessonien immédiatement après les couches à Nummulites du midi de l'Europe, et par conséquent à côté du flysch. Si l'on portait ce terrain à un niveau supérieur, on ne concevrait pas comment les Nummulites dont il est question auraient pu se retrouver dans un autre bassin après un intervalle de temps marqué par une époque tout entière. La nature ne brise pas les moules dont elle s'est servi pour les refaire de nouveau ; elle ne rend pas la vie à des types qu'elle a jugé à propos de laisser s'éteindre. On doit admettre que les espèces d'un étage qui se trouvent déjà dans un étage antérieur proviennent directement des individus qui ont existé à une autre époque.

D'après ma manière de voir, le principe en vertu duquel on accorde une importance absolue à la donnée paléontologique dans la détermination des terrains reçoit une grave atteinte ; mais je ne suis pas le premier à vouloir restreindre, ou plutôt contrôler, la valeur attribuée aux fossiles comme éléments uniques dans la détermination des horizons géognostiques. Ce principe, je dirai presque ce dogme, a reçu de nombreuses atteintes. Je rappellerai seulement les passages en masse de certaines faunes locales se transportant d'une époque à une autre, passages dont MM. Barrande et Leymerie nous ont donné des exemples sous le nom de *colonies*. Je rappellerai encore les conclusions placées par M. Scipion Gras à la fin de son mémoire récemment communiqué à la Société géologique, la théorie formulée par M. A. Dumont soutenant que les faunes ont pu changer de lieu avec le temps, et le système même qui a servi de base à Lyell dans sa classification des terrains tertiaires.

Quant aux causes qui ont pu déterminer la translation de certaines espèces nummulitiques du bassin de la Méditerranée dans celui de Paris, elles me paraissent être dans le changement du relief du sol et dans le déplacement des eaux plutôt que dans une modification du climat. Il semble aussi que pendant le dépôt du macigno à fucoïdes, le bassin de la Méditerranée ne se soit pas trouvé dans des conditions favorables au développement des êtres organisés. Les couches de ce macigno à fucoïdes sont si pauvres en fossiles qu'on peut dire que la faune nummulitique n'a pas été remplacée par une faune nouvelle. Il est une supposition à laquelle on se trouve ainsi conduit, et je la formulerai en disant que si le grès à fucoïdes anté-pyrénéen, si le flysch de la Suisse, si mon étage

rubien avaient une faune, cette faune serait celle de l'étage suessonien du bassin de Paris.

M. Hébert critique sur quelques points la classification adoptée par M. Vézian, notamment en ce qui concerne le parallélisme du calcaire de Rilly et du calcaire de Montolieu.

M. P. Michelot fait remarquer que l'opinion de M. Hébert, sur laquelle s'est appuyé M. A. Vézian dans son travail, et d'après laquelle le sable blanc et le calcaire lacustre de Rilly constitueraient l'assise la plus inférieure des terrains tertiaires, n'est point partagée par tous les géologues qui se sont occupés du bassin de Paris, et notamment par M. Prestwich qui a étudié la localité avec beaucoup de soin.

M. P. Michelot ajoute qu'il a eu lui-même l'occasion de visiter Rilly et les environs en compagnie de M. Constant Pouillaude, et qu'il leur a paru, comme à M. Prestwich, tout à fait naturel de considérer les marnes à Physes comme intercalées entre les argiles à lignites que l'on observe au-dessus et les sables ferrugineux, avec empreintes de fossiles marins de Bracheux, que l'on voit reposer immédiatement sur la craie près de la station du chemin de fer, et dont les sables blancs exploités ne seraient que la partie supérieure accidentellement plus pure.

M. Martins donne quelques détails relatifs à la découverte d'un gisement accidentel de mercure à Montpellier.

A l'occasion de cette communication, M. Parès fait connaître qu'il y a vingt-cinq ans environ, à Montpellier, il a trouvé dans un tas d'argile extrait d'un puits voisin une grande quantité de gouttèlettes de mercure. C'était la confirmation d'un fait anciennement observé sur divers points de la ville, et qui vient d'être vérifié de nouveau tout récemment à plusieurs reprises.

M. Delesse rapporte avoir observé des gouttelettes de mercure dans le diluvium parisien, sur les bords de la Bièvre.

Séance du 19 *avril* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, M. le Président proclame membres de la Société :.

MM.

Le comte de Courval, rue de la Pépinière, 29, à Paris, présenté par MM. Ed. Hébert et de Verneuil;

Le comte de Brosses, membre du Conseil général du Loiret, à Bois-le-Roi, canton de Ferrières (Loiret), rue de l'Université, 41, à Paris, présenté par MM. de Villeneuve et le marquis de Roys.

Il annonce ensuite une présentation.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le ministre de la justice, *Journal des savants*, mars 1858.

De la part de M. Eugène Deslongchamps, *Description des couches du système oolithique inférieur du Calvados, suivie d'un Catalogue descriptif des brachiopodes qu'elles renferment* (extr. du 2e vol. du *Bull. de la Soc. linn. de Normandie*), in-8, 59 p., 2 pl.

De la part de M. de la Roquette, *Biographie de Huot* (*J.-J.-N.*) (extr. de la *Biographie universelle de Michaud*, 2e édit., 1858, in-8, 6 p.

De la part de M. Meugy, *Carte réduite du département du Nord* (*échelle de* 1/250000), *abstraction faite du limon quaternaire.*

De la part de M. P.-J. Pictet, *Notice sur les poissons des terrains crétacés de la Suisse et de la Savoie* (tirée des *Archives de la Bibliothèque universelle de Genève*, mars 1858), in-8, 15 p. Genève, 1858; chez Rambaud et Schuchardt.

De la part de M. Delesse, *Mémoire sur la minette* (extr. des *Annales des mines*, 5e série, t. X, p. 317), in-8, 62 p., 1 pl.

De la part de M. H. Lebon, *Périodicité des déluges résultant du mouvement graduel de la ligne des apsides de la terre*, in-8, 112 p., 1 carte. Bruxelles, 1858, chez E. Flatau; Paris, chez Victor Dalmont.

De la part de M. Ch. Menière, *Eaux minérales ferrugineuses du département de Maine-et-Loire* (extr. des *Mém. de la Soc. académ.*, etc., 2e vol.), in-8, 23 p., 1 tableau.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 14 et 15.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XV, n° 87, mars 1858.

L'Institut, nos 1266 et 1267, 1858.

Le Moniteur scientifique, etc., par M. le docteur Quesneville, t. I, 2e partie, 1851, in-4.

Journal d'agriculture de la Côte-d'Or, 21e année, 3e série, t. III, n° 3, mars 1858.

Société impériale d'agriculture, etc., de Valenciennes. — Revue agricole, industrielle et littéraire, IXe année, n° 9, mars 1858.

The Athenæum, nos 1589 et 1590, 1858.

Journal of the geological Society of Dublin, vol. III, IV, V et VI, 1844-1855.

Revista minera, t. IX, n° 190, avril 1858.

M. le Président annonce à la Société la mort de M. Lardy, directeur général des forêts du canton de Vaud à Lausanne.

M. Meugy présente à la Société géologique sa carte réduite du département du Nord, et fait à ce sujet la communication suivante :

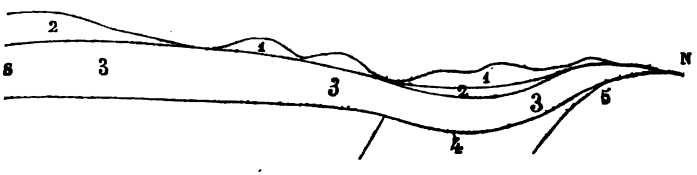
Carte géologique du département du Nord, abstraction faite du limon quaternaire, par M. A. Meugy.

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau la carte géologique du département du Nord réduite à l'échelle de $\frac{1}{320000}$, sur laquelle sont indiquées les limites des divers terrains, le limon superficiel excepté. Au point de vue scientifique, cette carte offre donc un

certain intérêt, puisqu'elle permet de saisir dans son ensemble la physionomie de tout le département. M. Dumont a publié, pour la Belgique et les contrées limitrophes, une petite carte analogue qui comprend une partie du bassin de Paris et s'étend jusqu'au delà du Rhin; mais cette carte, si intéressante et si instructive qu'elle soit, ne peut, en raison de la finesse de son point ($\frac{1}{880000}$), fournir de renseignements très précis sur une localité restreinte dans d'étroites limites, comme le département du Nord ou l'un de ses arrondissements, et le travail que je présente aujourd'hui supplée, pour ce département, à ce que la carte de M. Dumont peut présenter d'incertain. L'échelle de ma carte réduite est d'ailleurs la même que celle de la grande carte géologique de la Belgique, avec laquelle elle peut se raccorder. J'ai pris soin de mettre en regard de la légende les dénominations employées par M. Dumont, afin qu'on n'éprouve pas d'embarras dans les rapprochements qu'on pourrait désirer faire entre les deux pays.

Cette petite carte est terminée depuis longtemps, et si je ne l'ai pas présentée plus tôt à la Société, c'est que je ne pouvais m'en dessaisir avant d'avoir terminé les coupes que je dois annexer à ma grande carte des arrondissements de Valenciennes, Avesnes et Cambrai, et pour l'exécution desquelles elle m'a été d'un grand secours.

Parmi les conséquences que ces coupes font ressortir, il s'en trouve une sur laquelle je dois attirer particulièrement l'attention de la Société, en raison de l'intérêt scientifique qui s'y rattache. Si l'on suppose un plan vertical nord-sud passant par Valenciennes, on obtient la coupe suivante :



1. Terrain tertiaire.
2. Craie.
3. Marnes crayeuses.
4. Terrain houiller.
5. Calcaire carbonifère.

de laquelle il résulte que le terrain de craie va en augmentant régulièrement d'épaisseur vers le sud, tandis que, dans la même direction, le niveau du sol s'élève de plus en plus. Vers le nord, au contraire, la craie s'amincit beaucoup, bien que le sol se trouve à une altitude très notablement moindre qu'au sud.

On ne peut pas attribuer ces variations d'épaisseur de la craie à

des érosions dues à des courants. Car si cette explication était vraie, il resterait en quelques points des buttes crayeuses qui seraient comme des témoins de l'ancien niveau du massif, et l'on rencontrerait aussi des cavités là où l'action érosive des courants se serait manifestée avec plus de puissance et où une partie des couches constitutives de ce terrain n'existerait plus. Au contraire, tous les bancs appartenant soit à la craie marneuse, soit à la craie blanche, se prolongent au nord de Valenciennes avec une continuité et une constance de stratification remarquables, bien qu'en s'amincissant de plus en plus jusqu'aux affleurements du calcaire carbonifère. D'un autre côté, les couches tertiaires présentent une disposition toute contraire à celle de la craie sur laquelle elles reposent, c'est-à-dire que leur plus grande épaisseur coïncide avec le centre du bassin où elles se sont déposées, et qu'elles se terminent en biseau vers les bords de ce bassin, manifestés par une élévation graduelle du sol. Ces faits sont parfaitement mis en évidence par la coupe ci-dessus.

Il paraît rationnel d'admettre, d'après cela, qu'un mouvement de bascule se serait produit entre le dépôt des couches crétacées et tertiaires, et aurait eu pour effet de relever au sud certaines parties du terrain crayeux. Comme ce mouvement a naturellement contribué beaucoup à déterminer la conformation du bassin où devaient s'effectuer les dépôts tertiaires du nord de la France et de la Belgique, on peut regarder la direction suivant laquelle il s'est opéré, comme approximativement indiquée par les affleurements de ces dépôts ou mieux par les points les plus bas de la dépression prononcée qu'il a fait naître. Or, la ligne droite qui passe par Raismes et Mons-en-Sévèle (arrondissement de Lille), où cette dépression est bien nettement accentuée, est précisément dirigée à l'O. 18° N. comme la chaîne des Pyrénées qui, d'après M. Élie de de Beaumont, s'est produite entre la formation crétacée et la formation tertiaire. Le mouvement dont il s'agit a-t-il coïncidé exactement avec le soulèvement des Pyrénées? c'est ce qu'il n'est guère possible d'affirmer. Mais toujours est-il que, par sa direction et son âge, il a beaucoup de rapports avec ce soulèvement, dont il a été peut-être le prélude ou l'un des corollaires. Dans tous les cas, il paraît avoir joué un rôle important dans la constitution géologique du pays, puisqu'il aurait eu pour effet de produire cette immense dépression occupée aujourd'hui par les Flandres, dont le sol uniforme et plat se trouve encore à un niveau bien inférieur à celui des contrées environnantes.

J'ai indiqué sur ma petite carte les limites du terrain houiller,

non-seulement dans la traversée du département du Nord, mais encore dans celui du Pas-de-Calais jusqu'à Estrées-Blanche, à 5 lieues à l'ouest de Béthune, point le plus éloigné dans cette direction où l'on ait jusqu'à présent découvert le prolongement de ce terrain. Je dois, à cette occasion, dire à la Société quelques mots d'un sondage qui s'exécute aujourd'hui près de Menin, à 4 lieues au nord de Lille, et qui a pour objet la recherche d'un bassin houiller qui serait, comme on le voit, tout à fait distinct de celui de Valenciennes.

Ce sondage, dont les échantillons m'ont été soumis par M. Lemaître-Demesteere, fabricant à Halluin, a traversé les couches suivantes :

		Épaisseurs.		Profondeurs.
		m		m
Terrain crétacé.	1. Terrain tertiaire	121,00	—	»
	2. Craie blanche	18,00	—	121,00
	3. Dièves et tourtin	27,48	—	139,00
	4. Sables plus ou moins ferrugineux, avec veines de glaises (système aachenien)	21,52	—	166,48
Terrain houiller (?).	5. Schiste gris foncé, micacé, avec fentes remplies de gros sables et de glaises, sans fossiles	17,40	—	188,00
	6. Grès micacé, avec petite veine charbonneuse	4,20	—	205,40
Calcaire carbonifère.	7. Calcaire bleu, à grains fins, avec veines cristallines blanches	5,20	—	209,60
	8. Calcaire gris, à cassure esquilleuse, et géodes cristallines; rappelle le calcaire de Dompierre (arrondissement d'Avesnes)	8,20	—	214,80
Système dévonien.	9. Schistes pyriteux, gris clair	4,00	—	218,00
	10. Schistes gris bleuâtres	2,00	—	227,00
	11. Schistes rougeâtres	2,20	—	229,00
	12. Psammites gris bleuâtres	1,00	—	231,20
	13. Schistes rougeâtres	2,00	—	232,20
	14. Psammites gris bleuâtres	3,90	—	234,20
	15 Schistes rougeâtres	1,10	—	238,10
	16. Psammites gris bleuâtres	0,80	—	239,20
	17. Calcaire rougeâtre, dur, avec géodes quartzeuses et empreintes d'Encrines	2,20	—	240,00
	Profondeur totale	251,20	—	251,20

Les échantillons des couches nos 5 et 6, que je mets sous les yeux de la Société, semblent bien appartenir, par leur position et leurs caractères minéralogiques, au terrain houiller, qui ne présenterait en ce point qu'une épaisseur de 21m,60; mais on se trouve peut-être là sur le bord méridional d'un bassin susceptible de prendre au nord un certain développement. La compagnie, d'après mes conseils, a suspendu immédiatement le forage dont la coupe précède, et en a entrepris d'autres au nord du premier. Ces nouvelles recherches feront connaître si le terrain houiller qui paraît exister à Menin est exploitable ou non. Quoi qu'il en soit, on ne peut méconnaître l'intérêt qui s'attache à cette entreprise dont la portée, si elle réussissait, serait incalculable.

Je rappellerai ici quelques extraits de mon travail sur la géologie de la Flandre française qui ont trait à cette question.

On lit à la page 32 : « Le relèvement de terrain dévonien auquel on doit l'affleurement houiller d'Hardinghen paraît avoir laissé des traces sur le sol anglais, où l'on retrouve, dans la même direction, une protubérance formée par les sables d'Hastings, qui semble correspondre exactement à celle du Pas-de-Calais. Au sud et au nord de cette protubérance, on trouve le grès vert et la craie qui supportent les terrains tertiaires de Londres et de l'île de Wight. Il existe donc, au sud comme au nord des sables d'Hastings, un bas-fond prononcé, mais qui est beaucoup plus rétréci dans le premier sens que dans le second. D'après cela, ne pourrait-il pas se faire que le bas-fond du sud représentât le prolongement du bassin de Valenciennes, et que celui du nord correspondît aux terrains houillers de la Grande-Bretagne, lesquels s'enfoncent sous les dépôts plus modernes qui recouvrent la partie est de l'Angleterre et se prolongent peut-être, mais à de grandes profondeurs, *jusque sous certaines parties de la Hollande, de la Belgique et même des départements du Nord et du Pas-de-Calais ?* »

Et plus loin, page 76 : « La pente souterraine qu'affecte le calcaire bleu au nord de Lille, ne détruit pas la possibilité de l'existence d'un bassin houiller dans cette direction, bassin qui serait d'ailleurs complétement distinct de celui de Valenciennes. Le forage pratiqué à Halluin en 1838, et qui s'est arrêté sur l'étage des Dièves du terrain de craie à la profondeur de 127^{m},45, aurait donc pu être poursuivi avec intérêt. L'épaisseur considérable des terrains morts qui existent dans la partie occidentale de la Belgique et du département du Nord, démontre qu'il y a là une grande dépression qui fait suite au bas-fond souterrain sur lequel la ville de Londres est bâtie, *et s'il y existe des bassins houillers, ce qui n'est pas impossible, ceux-ci pourraient s'avancer vers le bord sud de cette dépression qui avoisine Lille et se rattacher plus ou moins directement à la vaste formation houillère qui affleure en Angleterre depuis le pays de Galles jusqu'en Écosse.*

Les faits constatés par le nouveau forage d'Halluin tendraient donc à appuyer les considérations que j'ai exprimées il y a déjà plusieurs années sur ce sujet.

M. Hébert confirme sur quelques points les observations de M. Meugy, mais pense que les mouvements du sol qui ont marqué les traits principaux de la topographie du terrain tertiaire et du terrain crétacé du nord de la France, notamment

ceux qui ont produit le relèvement du pays de Bray, ont dû se produire avant le dépôt du calcaire pisolithique, et ne doivent pas, par conséquent, être rapportés au soulèvement des Pyrénées.

Le Secrétaire donne lecture du mémoire suivant de M. Martha Beker :

Théorie des tremblements de terre et des volcans, par M. F. Martha Beker, comte de Mons, ingénieur des mines, vice-président de l'Académie de Clermont.

Les tremblements de terre, un des phénomènes les plus émouvants de la nature, ont donné lieu à des conjectures nombreuses. Les seules rationnelles sont celles qui admettent la définition qu'en donne le *Cosmos*, qui les considère comme une des variétés des réactions que l'intérieur de notre planète exerce contre son écorce extérieure. Nous nous hasarderons aussi à aborder et à tenter d'éclaircir, dans cet ordre d'idées, cette question délicate et complexe.

L'astronomie, la physique et la géologie sont d'accord pour nous montrer à l'origine la terre à l'état d'une masse fluide incandescente, lancée dans l'espace sans doute du sein de la nébulosité gazeuse du soleil, et prenant, sous l'action combinée de cette force d'impulsion et de la force attractive de cet astre, d'une part, le double mouvement elliptique et de rotation qu'elle décrit, de l'autre, la forme sphérique avec aplatissement aux pôles et renflement à l'équateur qui la caractérise. Des nuages accumulés, suspendus en voûte épaisse et profonde, roulaient dans l'atmosphère, alors le seul réservoir des eaux dont les vapeurs ne pouvaient se condenser sur cette surface incandescente.

Théorie des soulèvements.

On sait, d'après la théorie des soulèvements, quelles ont été les influences successives du refroidissement sur ce globe en ignition plongé dans de la vapeur d'eau. La surface d'abord se ride, puis se recouvre d'une pellicule qui, en se solidifiant, commence la formation de l'écorce terrestre. Toute déperdition de calorique déterminant en général une diminution de volume, une contraction plus sensible sur les substances pâteuses que sur les corps solidifiés, le noyau fluide intérieur continue à se contracter au-dessous de

cette première écorce et s'en sépare peu à peu. Les vides se multipliant, l'action de la gravité dirigée vers le centre de la terre, la tension des gaz émanés sous l'enveloppe solide, la fragilité relative qu'un refroidissement inégal imprime à l'état moléculaire de cette enveloppe, l'emportent un jour sur la force de cohésion. L'écorce se rompt, et la rupture se fait suivant un grand cercle de la terre, en raison de sa forme sphérique. Une fois rompue, elle est retombée sur le noyau intérieur; des portions de la masse incandescente se sont épanchées par les fissures, en redressant des deux côtés les couches brisées de la surface. Ce premier épanchement a été le premier des soulèvements, l'apparition de la plus ancienne des chaînes de montagnes, et le soulèvement a été compensé par des dépressions sur d'autres points. L'équilibre s'est rétabli. A cette commotion a succédé une période de tranquillité relative, laquelle a duré jusqu'à ce que, les mêmes causes ramenant les mêmes effets, de nouvelles ruptures ont déterminé de nouveaux épanchements, de nouvelles lignes d'aspérités. Dans ces intervalles, la condensation des nuages s'était effectuée en ravinant le sol, en donnant naissance à des cours d'eau, à des lacs, à des mers, qui vinrent occuper les dépressions causées par les érosions et par le retrait dû aux effets du refroidissement, et des terrains de sédiment s'étaient déposés dans ces dépressions ; mais chaque convulsion nouvelle du globe changeant sa configuration extérieure, d'autres dépôts de sédiment d'une nature différente s'accumulaient sur les dépôts antérieurs, et ainsi se constituait l'échelle des terrains géologiques. A mesure que l'écorce prend plus de consistance, les cataclysmes s'éloignent, les périodes de tranquillité acquièrent plus de durée. Pendant ces périodes, les plantes et les animaux naissent et se développent. En même temps que chaque cataclysme modifie la configuration du globe, la végétation et la vie manifestent aussi d'autres formes sous l'influence d'un milieu différent et d'une température décroissante. La terre a passé par un certain nombre de ces alternatives de révolutions violentes et pacifiques avant d'arriver à l'époque actuelle.

Refroidissement du globe.

De ces théories ingénieuses, appuyées sur les observations fournies par la nature et par la science, il résulte ce fait à peu près incontesté, que la terre est un globe incandescent, dont l'enveloppe extérieure s'est solidifiée par l'effet du refroidissement. Dans cet état de choses, quelles peuvent être les causes des tremblements de

terre? Le rayon moyen du globe a plus de 6000 kilomètres, tandis que l'épaisseur de son écorce n'est guère évaluée qu'à 40, 50 ou 60 kilomètres, d'après les calculs de la progression de la température, laquelle s'élève d'un degré par 33 mètres pour les régions voisines de la surface, et d'après une échelle bien plus rapide sans doute pour les régions profondes. Cette élévation progressive de la température doit nécessairement modifier l'état moléculaire des assises successives de l'écorce, dont les parties inférieures doivent se ressentir du voisinage du foyer incandescent, et affecter une consistance de plus en plus pâteuse. Enveloppé, protégé par une calotte sphérique de calcaires, d'argiles et de corps mauvais conducteurs de la chaleur, le noyau intérieur se refroidit avec une extrême lenteur, ainsi que Fourier l'a établi par ses calculs; mais, si les effets du refroidissement suivent une gradation peu sensible, si cette lenteur assure une durée de plus en plus longue aux périodes de tranquillité pendant lesquelles la Providence sème et développe la vie, ces effets n'en sont pas moins continus et actifs.

Cavités souterraines.

L'écorce solidifiée n'est pas partout juxta-posée sur le noyau incandescent; par suite de contractions diverses et successives, il s'y est fait des vides, des cavités nombreuses. Provoquées par deux causes puissantes d'évaporation, la chaleur et le vide, les vapeurs émanées du foyer intérieur ont rempli ces espaces, et y forment une atmosphère souterraine, dont la tension, par des causes diverses souvent peu appréciables, n'est pas la même dans les cavités qui ne communiquent pas entre elles. Cette tension doit varier suivant la hauteur et l'étendue des excavations, suivant les latitudes qui modifient les températures et l'état électro-magnétique, suivant l'état de la surface du noyau incandescent qui n'est pas partout homogène, suivant qu'il s'agit de cavités closes ou en communication avec des bouches volcaniques.

État pâteux des assises inférieures de l'écorce.

Nous avons dit que les dernières assises de l'écorce terrestre étaient dans un état moléculaire pâteux, intermédiaire entre l'état solide et l'état fluide. Le noyau incandescent intérieur en se contractant allonge et étire ces masses pâteuses, et cet effet est favorisé par les mouvements de contractilité que le refroidissement fait

aussi éprouver, en sens divers, à la croûte extérieure. Ces efforts continuant à agir de concert avec les autres forces en jeu, des déchirements s'opèrent, de nouveaux vides se manifestent. Des cavités à tensions différentes, les unes closes, les autres en rapport avec l'air extérieur par des orifices volcaniques, sont mises en communication subite ; il en résulte des dilatations instantanées et une perturbation violente dans cette atmosphère souterraine. Les déchirures et les vides, dont la formation détermine ce trouble, se multiplient et s'élargissent avec les siècles, sous l'influence d'une contraction lente, mais continue.

Atmosphère souterraine.

On est amené à se demander quel rôle joue, dans l'état habituel, la tension de l'atmosphère qui remplit ces cavités. Elle est nécessairement énorme à cette haute température, dans ce laboratoire cyclopéen. Tant qu'aucune autre force ne survient pour changer la pression ou le volume de ces cavités, elle ne dépasse pas un certain maximum devant lequel toute émanation nouvelle s'arrête, maximum qui n'est pas le même pour tous les groupes de cavités. Cette tension, pour ainsi dire passive durant la période de calme, distend néanmoins les parois de l'enceinte qu'elle occupe. Sous ce rapport, elle facilite les déchirements que la contraction due au refroidissement tend à produire. Il s'ensuit qu'il doit y avoir plus fréquemment des déchirements autour des excavations anciennes que dans l'intérieur des massifs pleins, et que des multitudes de vides et de chambres doivent être en communication les uns avec les autres dans des régions ainsi de plus en plus menacées.

Mais un autre phénomène, d'une haute importance dans la question, intervient dans le jeu des forces naturelles que nous examinons. Du moment où dans une cavité la tension maximum dont nous avons parlé s'est établie, et est devenue assez puissante pour arrêter l'émanation et l'ébullition de la masse incandescente, la compression qu'elle y exerce retient captifs, dans les couches supérieures du liquide en ignition, les gaz qui tendent à se produire au dehors. Que par une cause quelconque des vides s'ouvrent, que des dilatations se manifestent, et aussitôt la mer incandescente y bouillonne, aussitôt une quantité nouvelle de gaz fait irruption dans les cavités. Il est aisé de comprendre quelles perturbations amènent, dans cette atmosphère souterraine à haute pression, ces successions rapides de dilatations et d'augmentations de tension, qui se révèlent par des chocs et par des

commotions d'autant plus violentes que le premier effet de dilatation aura été plus considérable.

Causes des tremblements de terre.

L'espace annulaire compris entre le noyau et l'enveloppe du globe peut donc être considéré comme rempli d'un massif de roches à un état moléculaire intermédiaire entre l'incandescence et la solidification complète, massif parsemé d'excavations irrégulières, espèces de récipients à haute tension. De temps à autre, par l'effet de la contraction du refroidissement, de nouveaux déchirements s'opèrent, des vides s'ouvrent, des atmosphères à pressions différentes se rencontrent, des dilatations se produisent, et la surface de la mer incandescente entre violemment en ébullition. De là, des changements rapides dans les tensions et un trouble atmosphérique général dans ces profondeurs Les commotions se propagent de cavités en cavités, comme le roulement du tonnerre ou comme le feu grisou qui court dans les mines de houille le long de toutes les galeries de communication, en déterminant un ébranlement général sur son passage. L'ébranlement causé par ces déchirements suivis de dilatations et d'ébullitions doit être peu sensible sur les massifs latéraux qui relient le noyau à l'écorce, en raison de leur état plus ou moins pâteux, de leur peu de sonorité et de ténacité. Il doit au contraire produire tout son effet sur la voûte de cette enveloppe solidifiée, dont les éléments et la constitution prêtent à la propagation des vibrations et des ondes sonores, et dont l'état moléculaire, instable par suite d'un refroidissement inégal dans ses diverses assises, est favorable aux ruptures. Les tremblements de terre occasionnés par ces ébranlements, qui peuvent être comparés à de véritables tempêtes atmosphériques souterraines, doivent s'étendre sur un espace d'autant plus considérable que les cavités où se font ces commotions sont en communication avec un plus grand nombre de galeries. A chaque anfractuosité que rencontrent les flots d'un courant tumultueux, il se fait une répercussion et une secousse violente qui agite, fait gémir et trembler plus profondément la voûte solide.

Suivant cette théorie, la configuration souterraine peut être appréciée et déterminée d'après l'état de calme ou d'agitation de la surface. Les contrées qui correspondent aux excavations sont tourmentées par les tremblements de terre qui épargnent celles placées au-dessus des massifs pleins, à bases pâteuses, ce qui

explique ces secousses fréquentes en Calabre, en Turquie, dans l'archipel Indien, dans l'Amérique méridionale, et ce repos presque absolu de la France, de l'Allemagne et du nord de l'Europe.

On conçoit aussi comment les tremblements de terre éclatent subitement, sans caractère de périodicité régulière, comment ils affectent de préférence certaines localités, certaines régions, se font sentir à des distances considérables, souvent fort éloignées du centre des ébranlements, tandis que des points rapprochés, mais sur une autre direction, demeurent paisibles. Ce fait a lieu lorsque ces points, au lieu d'être suspendus sur de vastes solutions de continuité, au-dessus d'une atmosphère susceptible d'être violemment agitée, reposent sur des massifs pleins, dont l'état moléculaire est peu propre à conduire et à propager les vibrations que pourraient communiquer les commotions des cavités latérales.

Ainsi le globe se refroidit, se contracte et se déchire dans les régions intermédiaires entre le noyau et l'écorce; là où il y a des espaces vides, l'émanation du foyer incandescent a constitué une atmosphère souterraine. Chaque déchirement augmente la capacité de ces réservoirs à gaz, ou met en communication des atmosphères à tensions différentes. De là des ébullitions soudaines, des émanations instantanées des gaz maintenus auparavant par la pression de l'atmosphère souterraine dans les couches supérieures de la masse ignée; de là des chocs qui se propagent de cavités en cavités, en donnant naissance aux tremblements de terre. La contraction du refroidissement, force toujours agissante, favorisée par la tension de l'atmosphère souterraine, est donc la cause première de ce phénomène.

D'autres causes, accidentelles, plus rares, peuvent occasionner un ébranlement sur les points où se rencontrent de vastes solutions de continuité, où l'épaisseur de l'écorce terrestre a été réduite et amincie. On sait qu'il existe à de grandes profondeurs des nappes d'eau soumises à des pressions et à des températures excessives, qui tendent à se vaporiser et à briser leurs parois. Si ces parois amincies n'offrent plus assez de résistance, elles éclatent et s'éboulent; des torrents de vapeurs font aussitôt irruption dans l'excavation, dont elles refoulent violemment l'atmosphère et augmentent la tension. La composition chimique de cette atmosphère, formée d'un mélange de gaz de natures diverses, est peut-être aussi une cause de commotions violentes, si ce mélange devient détonant, et si à cette haute température il peut donner lieu à des combinaisons; mais, ne connaissant pas la nature de ces vapeurs, nous ne nous arrêterons pas sur cette éventualité hypothétique.

Les excavations souterraines sont, quelle que soit la cause première, le théâtre de ces mouvements divers. Il n'est pas donné à l'homme de sonder les abîmes de ces régions plutoniennes, que les poëtes de l'antiquité, le génie du Dante et celui de Milton auraient choisis pour y fixer l'emplacement des enfers. Les cavernes calcaires, avec leurs myriades de stalactites suspendues à la voûte en pendentifs, avec leurs dédales de massifs et de chambres irrégulières et profondes, ne sauraient donner une idée de ce spectacle. Mais que l'on se transporte dans l'île de Staffa, l'une des Hébrides, au fond de la merveilleuse colonnade en prismes basaltiques de la grotte de Fingal soulevée du milieu des flots; que l'imagination suppose la mer en ignition, les socles des prismes de basalte à demi refroidis, à demi cristallisés, et à chaque ébranlement imprimé à la voûte par le choc de la vague contre le seuil, et par celui de l'atmosphère refoulée contre la nef, l'illusion pourrait être complète.

Mers incandescentes.

Il est difficile de se rendre compte de l'état dans lequel se trouve la surface de cette mer en ignition; il est probable néanmoins qu'elle est recouverte d'écumes, de pellicules plus ou moins vitrifiées, très minces, parsemées d'interstices et de crevasses nombreuses qui se brisent à chaque diminution de pression, à chaque ébullition, et qui doivent présenter l'aspect des croûtes poreuses et flexibles des laves récemment épanchées; mais il est essentiel de signaler ici une différence d'état en dedans et en dehors des cavités, pour expliquer comment les dernières assises de l'écorce peuvent se relier au noyau intérieur. Dans les profondeurs qui nous occupent, ce noyau, du moins dans ses couches supérieures, les seules qui nous intéressent, doit être considéré comme une masse, non pas en fusion, mais demi-fluide, et M. A. de Humboldt pense, avec M. Élie de Beaumont, qu'une roche granitique primitive forme le support de tout l'édifice des couches superposées dont se compose l'écorce terrestre. C'est là en effet l'état général, celui qui affecte tout l'ensemble, et qui permet aux assises inférieures de la croûte du globe de reposer sur cette masse pâteuse plus ou moins ramollie, mais qu'une pression considérable condense et resserre. Ce n'est qu'au sein des cavités que la surface moins comprimée présente un état de fluidité plus avancée, et peut être comparée à une mer incandescente. Là d'ailleurs intervient le jeu constant d'une autre influence, celle

des variations périodiques qu'éprouve la tension maximum de l'atmosphère souterraine, maximum qui arrêterait, s'il était invariable, toute action d'élasticité de la nappe intérieure, toute émanation nouvelle, en contenant dans les couches supérieures du noyau les gaz qui tendent à se faire jour ; mais, de même que dans l'atmosphère extérieure et dans les phénomènes analogues, il n'y a jamais équilibre parfait, immobilité complète, de même cette tension n'est qu'une moyenne autour de laquelle s'effectuent des oscillations barométriques continuelles, et, par suite, des mouvements périodiques des vapeurs qui sont expulsées de la masse liquéfiée après y avoir été refoulées ou contenues, ou qui s'échappent pour remplacer celles qui se sont condensées. Ce jeu alternatif de gaz énormément chauffés et comprimés, qui sont sans cesse tamisés à travers ces couches supérieures, comme par une action aspirante et foulante, y détermine des gonflements et des dépressions successives, par suite des ébullitions intermittentes, et y maintient une fluidité permanente qui n'existe pas sous les massifs pleins. Quoique la nature des gaz qui composent les atmosphères souterraines nous soit inconnue, tout fait présumer néanmoins qu'ils exercent sur les parois qui les contiennent une action à la fois chimique et mécanique. Ces actions combinées tendent, à la faveur d'une haute température, à corroder, à fondre les parois latérales, à élargir les cavités, et entretiennent un état de fluidité et de bouillonnement dans les nappes qui en occupent le fond. Le granite qui constitue l'ensemble des massifs s'altère au contact et jusqu'à une certaine distance des excavations, comme par un effet de métamorphisme, sous l'influence des phénomènes qui s'y produisent. Cette altération donne naissance aux basaltes, aux trachytes et aux diverses roches d'éruption.

Telle est sans doute la situation de ces régions intermédiaires ou de transition, qui n'offrent de mers incandescentes que sous les dômes des cavités. Une pression moindre, jointe à des actions chimiques et à des mouvements perpétuels de flux et de reflux dans l'atmosphère de ces vides, suffit, quoiqu'il n'en résulte que des perturbations légères en comparaison de celles qui causent les tremblements de terre, pour modifier l'état moléculaire de la nappe intérieure, pour la rendre fluide sous les excavations, tandis que sous les massifs elle reste demi-fluide, y est pâteuse, ramollie, condensée, fait corps avec eux, et peut ainsi leur servir de support. Il n'y a donc pas, à proprement parler, de noyau distinct. L'écorce terrestre descend, par des gradations insensibles, vers un état de plus en plus pâteux. C'est l'état moléculaire, la facilité

plus ou moins grande de déchirement qui détermine la profondeur à laquelle l'action du refroidissement peut exercer son effort et ouvrir ses réseaux de cavités. La liquéfaction universelle ne doit se produire que dans des régions plus profondes, si toutefois la pression croissante avec le nombre des couches superposées ne maintient pas dans les masses inférieures une adhérence moléculaire demi-fluide, et s'il est vrai que la chaleur centrale n'est pas uniforme, à partir d'un certain niveau, mais augmente indéfiniment le long de l'échelle descendante. En réalité, à la hauteur de la formation des déchirements, les excavations et leurs mers incandescentes ne sont que des accidents, des exceptions qui tendent à s'accroître et à se propager; la situation générale y est, nous le répétons, celle d'une agrégation de roches massives demi-fluides. Nous ajouterons que la profondeur des cavernes plutoniennes n'est sans doute pas invariablement la même partout, et doit être moindre qu'on ne le suppose.

Volcans.

Poursuivons l'application de ces données aux phénomènes volcaniques.

Jets de fumées et de cendres.

Dès les premiers temps qui suivirent chaque soulèvement de montagnes, avant même la fin du cataclysme et le rétablissement de l'équilibre, lorsque les couches brisées n'avaient pas encore pris leur assiette et refermé l'abîme, des issues nombreuses se sont ouvertes à l'épanchement des gaz. Ces cheminées primitives, qui ont dû occuper de préférence la direction des grandes fractures produites par le soulèvement, comme on le voit le long de la chaîne des Cordilières, ont été les points de départ de la plupart des excavations dont nous avons parlé. Ces excavations, qui ont dû s'échelonner comme les orifices, se sont échancrées et agrandies successivement sous les coups de tant d'éléments de destruction; mais en même temps s'est manifesté un autre phénomène.

Des vapeurs de toute nature, provoquées, ainsi que nous l'avons dit, par la chaleur et le vide, émanaient du foyer de l'incandescence. Elles n'ont pas tardé à tapisser les chambres, les crevasses et les conduits, de dépôts de substances salines et minérales, en couches épaisses produites par des réactions électro-chimiques, et par des condensations partielles, lentes et successives. Ces condensations deviennent spontanées, générales, et peuvent donner lieu à des quantités considérables de précipités dans les

moments d'orage qu'éprouve l'atmosphère souterraine, lorsque des tensions différentes et des saturations à des degrés divers sont mises en présence. Les efflorescences et les dépôts chimiques, formés soit successivement, soit instantanément, ne sont pas les seuls produits qui tapissent ces excavations. Chaque ébullition intérieure projetant des gouttelettes incandescentes qui se figent aux parois et à la voûte, celles-ci doivent en être couvertes comme par un effet de granulation ou d'aspersion. Enfin, par diverses causes d'engorgement, soit par l'accumulation de dépôts formés par voie de sublimation, soit par l'interposition d'un fragment de lave refroidie, ou par suite des éboulements si fréquents dans les cônes volcaniques, éboulements qui encombrent le passage de blocs et de débris, la cheminée de tirage tend à se boucher en partie et quelquefois en totalité.

Dans le premier cas, celui d'une fermeture partielle, l'ouverture se rétrécissant, la sortie des gaz se réduit, le volume du courant ascendant diminue. Cependant l'émanation du foyer incandescent continue, le courant n'étant pas arrêté, mais seulement restreint, et la tension de l'atmosphère souterraine s'élève. Cette tension s'accroît même instantanément, si, par suite de quelque déchirement intérieur, il se produit, comme nous l'avons fait remarquer, une dilatation et une ébullition soudaine. Le fluide aériforme se condense alors, se comprime au bas de l'orifice et le long des passages étranglés; des remous et des tourbillons, des chocs et des secousses agitent et ébranlent la bouche de l'excavation souterraine. Ce sont les premiers efforts de l'éruption; ils s'annoncent par des commotions et des agitations qui répondent à la surface et par l'échauffement du sol. La résistance est enfin vaincue, l'orifice s'élargit, le bouillonnement augmente. Ce n'est plus à l'état d'un simple filet que les fluides aériformes s'échappent, mais en masse, en colonne épaisse. Ils balayent, entraînent, chassent devant eux toutes les matières pulvérulentes qui s'y sont déposées, tous les débris et les fragments qui embarrassent le tuyau d'évacuation, et lancent dans les airs des gerbes de flammes, de fumées et de cendres. Bientôt ce ne sont plus seulement les dépôts et les débris accumulés dans la cheminée qui sont emportés par le courant ascendant; ce sont aussi ceux qui tapissent l'excavation inférieure qui sert de récipient et les cavités adjacentes; ce sont les précipités tenus en suspension à la suite des condensations spontanées que produisent ces mouvements atmosphériques; ce sont enfin des gerbes de fragments plus ou moins ténus, lancés et projetés par l'ébullition du liquide igné et de ses écumes. Toutes

ces substances sont expulsées hors du volcan, réduites en poussières fines par le frottement des unes contre les autres. Des pluies de cendres jaillissent ainsi de ces antres profonds, en masses assez abondantes pour ensevelir quelquefois les campagnes et les cités.

Si le cratère se bouche en totalité, soit par la chute du cône, soit par la consolidation d'une calotte de lave qui n'a pu se faire jour, il peut demeurer longtemps inactif, comme l'a été le Vésuve avant les éruptions si fatales à Herculanum et à Pompéïa. L'hypothèse de l'écoulement d'un fluide aériforme, qui s'accumule et tourbillonne au fond d'un entonnoir à col trop resserré, n'est plus applicable à des cavités hermétiquement closes, où il n'existe plus aucun courant, mais seulement de faibles variations barométriques, et où la tension intérieure ne prend pas un accroissement indéfini. On sait qu'elle s'arrête à un maximum qui, en général, surtout à l'état de repos, a moins de puissance que les parois qui nous occupent n'offrent de résistance. Il faut donc recourir à l'intervention d'un autre agent, à l'introduction d'une nouvelle force expansive, comme celle d'un déchirement intérieur, ou comme celle que produirait la chute instantanée de nappes d'eau dans cette atmosphère à haute température et à haute pression. L'expansion se fait jour alors tantôt brusquement, tantôt après des efforts plus ou moins longs, à l'endroit de la plus faible résistance, là où la paroi est le plus mince ; c'est habituellement dans l'ancien cratère, mais parfois aussi dans d'autres parties crevassées ou minées de la voûte. L'éruption soudaine qui eut lieu en 1808 dans l'île de Saint-Georges-des-Açores, au milieu de champs cultivés qui s'entr'ouvrirent avec fracas pour donner naissance à des cratères et à des torrents de laves, le soulèvement du volcan et des fumerolles de Jorullo, en 1759, après deux mois de tremblements de terre, au milieu d'une plaine couverte d'indigo et de cannes à sucre, ont été sans doute le résultat d'un concours de circonstances de ce genre.

Indépendamment des gaz, de la fumée et des cendres, les volcans vomissent encore des pierres ponces, des pouzzolanes, des scories et d'autres substances légères vitrifiées, provenant des gouttelettes figées, des efflorescences chimiques et des écumes qui doivent surnager à la surface de la mer incandescente ; mais là ne se bornent pas les efforts des éruptions.

Épanchement des laves.

Aussitôt que l'ouverture du cratère est forcée, l'atmosphère

inférieure se détend et le liquide incandescent entre en ébullition. Des parcelles fluides ignées sont projetées et emportées, ainsi que nous l'avons vu, avec la gerbe du courant ascendant; mais ce n'est que l'avant-garde d'épanchements plus considérables. Aspirées pour ainsi dire (1) par l'effet du boursouflement subit dû à une pression moindre, puis entraînées dans le mouvement général vers la même issue, les portions tuméfiées de la masse incandescente, accompagnées parfois de lambeaux pâteux arrachés aux dernières assises des parois latérales des cavités, suivent le torrent. Ces laves étant plus denses, plus compactes que les vapeurs et les cendres, leur ascension est plus lente, plus mesurée; elles continuent à monter jusqu'à ce qu'elles rencontrent des déversoirs, d'où elles puissent s'épancher en coulées ou se frayer par leur poids un passage à travers les fissures du cône fragile de l'orifice. Si la force ascensionnelle est momentanément insuffisante après ce premier effort, la lave bouillonne et oscille au fond du cratère, maintenue et pressée en dessous par cette force, jusqu'à ce qu'un accroissement de tension détermine l'épanchement. Une nouvelle traînée de laves, avec fumées et cendres, peut suivre ce premier épanchement, et se répéter autant de fois que le phénomène du vase clos qui se débouche subitement se reproduira, ce qui explique l'intermittence qui a lieu dans certains cas.

Il arrive fréquemment, à la fin d'une éruption, un fait que nous avons déjà signalé comme une des causes d'engorgement des orifices volcaniques : c'est qu'une portion de lave reste engagée dans le cratère, faute d'une force ascensionnelle suffisante, de manière à intercepter toute communication avec l'extérieur. Deux cas se présentent. Si ce fragment est pâteux, peu fluide, dans un état de fusion peu avancée, si c'est un lambeau arraché aux dernières assises des parois latérales des cavités, cette masse peut se solidifier facilement, ainsi qu'il arrive aux soulèvements des roches granitiques, et clore hermétiquement la bouche du volcan. Il n'en est pas de même si ce lambeau est une portion liquéfiée de la mer incandescente. Supporté par une colonne de fluide aériforme

(1) Ce phénomène peut être assimilé à une aspiration; il est analogue à ce qui se produit dans un vase clos contenant un liquide épais fortement chauffé. Que le vase se débouche subitement, et il en jaillit un jet de vapeur, accompagné ou plutôt suivi de la portion du liquide pâteux, qui, en se boursouflant spontanément par suite de cette diminution de pression instantanée, est entraînée vers l'orifice où elle s'épanche.

condensé, ce disque incandescent peut demeurer longtemps suspendu de la sorte, comme le globule de mercure dans le tube à air comprimé. Si la tension intérieure n'éprouve pas d'accroissement considérable, il ne manifestera que les oscillations barométriques de l'atmosphère souterraine, et pourra même être sensible aux variations de l'atmosphère extérieure. Flottant sur des nuages de vapeurs brûlantes, ce disque de matières en ignition conservera d'autant mieux sa chaleur et sa fluidité, qu'il se laissera pénétrer plus aisément par les gaz qui se tamisent à travers ses globules et le long des parois; de là cette ébullition permanente à sa surface et ces explosions répétées. Tel est sans doute le cas du Stromboli, dont le fond du cratère présente un bain de lave fondue qui s'élève et s'abaisse sans cesse avec bouillonnement et projection de scories, de bombes, de fragments volcaniques, et qui est alimenté par l'ébullition et par les projections de la mer intérieure.

L'hypothèse, si naturelle au premier aperçu, d'une colonne entière de lave maintenue dans un canal vertical, depuis la source incandescente jusqu'au sommet du cratère, à l'instar de la colonne de mercure dans le baromètre, n'est guère admissible pour expliquer les épanchements de laves, même dans un filon ou puits étroit, par voie de capillarité; car elle suppose une circonstance difficile à concevoir, celle d'un canal capillaire descendant sans discontinuité jusque dans la mer en ignition; elle suppose l'absence d'excavations souterraines, et, par suite, l'absence de tremblements de terre, de pluies de cendres, d'éjections boueuses, en un mot, de tous les phénomènes qui précèdent et accompagnent les éruptions. Il n'y aurait que des épanchements de laves, et encore on se demanderait comment une colonne très mince, un filet de 40 à 60 kilomètres de hauteur pourrait demeurer fluide sur toute cette longueur, sans se refroidir et sans se figer.

On comprend que les volcans peu élevés, et de plus isolés, comme ceux du Vésuve, de l'Etna et de l'Islande, présentent plus fréquemment le puissant effort des coulées de laves que les pics disséminés le long des Andes, où ces colonnes en fusion peuvent rarement atteindre le sommet, et que les volcans si multipliés du plateau de Quito et de l'archipel Indien. Plus il y a d'orifices et de cratères en activité relativement à la surface, moins l'action expansive de l'atmosphère souterraine est puissante; elle ne se révèle alors que par des jets de fumée ou par des bouillonnements et des frémissements répétés. Le niveau des mers incandescentes dans les diverses excavations pouvant varier, d'après le principe posé ci-dessus, que la formation des excavations est déterminée par

la facilité plus ou moins grande de déchirement, nous sommes porté à croire que le degré de fluidité des laves indique les profondeurs relatives des bassins d'où elles sont tirées, ainsi que l'étendue des cavités et la puissance correspondante de leurs atmosphères.

Éjections boueuses.

Les volcans qui appartiennent à des chaînes élevées, comme ceux des Cordilières, doivent, en raison de leur hauteur, non-seulement donner de la fumée et des cendres plutôt que des laves, mais aussi se signaler par des éjections boueuses. Dans l'intérieur des puissants contre-forts de ces chaînes de montagnes, dont les crêtes perdues dans les nues sont couronnées par des glaciers et des neiges éternelles, les eaux s'infiltrent constamment à travers les fissures nombreuses des terrains volcaniques, d'ailleurs poreux et perméables. Ces infiltrations détrempent les dépôts pulvérulents des cônes d'éruption, ainsi que les cendres qu'amène des profondeurs et que pousse devant elle la pression de l'atmosphère souterraine. La conversion des cendres en masses boueuses se fait d'autant plus facilement que les eaux infiltrées, en pénétrant par ces fissures dans des régions à haute température, se vaporisent avant de tomber dans le foyer intérieur. Ces vapeurs d'eau saisissent au passage, pénètrent et imprègnent le courant ascendant des débris pulvérulents. Quand ce mélange de cendres, d'eau et de vapeurs arrive à la surface, il s'échappe et s'écoule le long des versants de la montagne en torrents de boues fumantes qui entraînent souvent à leur suite des fragments de roches détachés des parois du cratère. Si le phénomène des éruptions de boues est si fréquent dans l'île de Java, dont les nombreux volcans ne s'appuient pas sur des contre-forts pareils à ceux des Cordilières, l'infiltration des eaux pluviales n'en est pas moins une source abondante, à une latitude où les vapeurs de l'atmosphère se condensent d'une manière continue sur les flancs des pics élancés.

Dégagements de vapeurs d'eau.

On sait qu'un prodigieux dégagement de vapeurs d'eau accompagne les éruptions de presque tous les volcans, même de ceux situés loin des mers. Il ne s'agit plus alors de simples infiltrations pluviales, comme pour les éjections boueuses, mais de vastes nappes d'eaux souterraines à haute température et à haute pres-

sion, emprisonnées dans des crevasses profondes, et mises au moment de l'éruption en communication avec la cheminée du volcan. C'est en effet dans cette sphère d'activité que les failles et les crevasses sont le plus multipliées; c'est autour de l'orifice intérieur de l'excavation volcanique, où toutes les causes de corrosion se sont réunies pour y diminuer et y amincir l'épaisseur de l'écorce terrestre, que les secousses et les efforts des éruptions agissent avec le plus de violence à leur début, en y déterminant de nombreuses fissures qui affectent en général la forme du rayonnement par divergence autour du centre des ébranlements. Quelques-unes de ces fissures se prolongent au loin, et, lorsque le volcan est rentré dans le calme, elles se remplissent peu à peu d'eau par l'effet d'infiltrations de longue durée, faciles d'ailleurs dans des terrains aussi perméables, et se peuplent même quelquefois de poissons dans les régions froides des étages supérieurs; mais peu à peu aussi leurs issues vers le cône qui surmonte l'excavation volcanique, et où l'émanation n'est jamais entièrement suspendue, se tapissent de dépôts chimiques ou se resserrent naturellement; elles finissent par se boucher entièrement de ce côté, et des nappes liquides sont emprisonnées dans leurs failles. Qu'arrive-t-il lorsqu'une nouvelle éruption se prépare, soit par l'accroissement progressif de la tension de l'atmosphère souterraine, soit par l'intervention d'un nouvel agent d'expansion provenant de l'éboulement d'une partie de la voûte, et de l'introduction subite dans cette atmosphère de nappes d'eau douce ou d'eau salée, énormément comprimées et passées aussitôt à l'état de vapeurs. Les secousses, les chocs contre la base du cône qui tend à se déboucher, provoquent tout à l'entour de nouvelles fissures. Il en est qui atteignent les nappes emprisonnées. Dès que ces réservoirs d'eau, fortement chauffée et comprimée dans ces profondeurs, sont mis en communication avec la cheminée de tirage, des jets et des nuages de vapeurs s'y précipitent; ils s'y mêlent avec le courant ascendant des cendres, augmentent sa puissance, et forment ces immenses colonnes qui obscurcissent le ciel et retombent en pluies noires.

Tarissement des sources.

Les éruptions, surtout celles qui sont considérables, s'annoncent ordinairement par le tarissement des sources vives, dont la fraîcheur indique qu'elles viennent des régions superficielles ou peu profondes, et qui reparaissent plus tard aux mêmes lieux. S'il s'agissait de sources profondes, elles pourraient, dans cet ébranle-

ment violent, disparaître sans retour; il n'en est pas de même vers la surface. Deux causes peuvent sur ces points concourir au phénomène du tarissement avant-coureur d'une éruption. Les volcans passent par des périodes de calme et d'activité. Durant la période de repos, la cheminée ainsi que les régions voisines se refroidissent, le terrain se contracte, se fend peu à peu dans toute la sphère de l'action du feu interne, et une infinité de veines et de fissures s'y ramifient. A la naissance d'une forte éruption, lorsque la colonne ascendante comprimée cherche à forcer le passage, elle échauffe les parois, injecte des gaz dans les terrains environnants par toutes ces fissures devenues de véritables calorifères, et la chaleur se propage rapidement dans le sol jusqu'à la surface à une grande distance. D'autre part, les premières secousses, quoiqu'elles soient souvent violentes, n'occasionnent ordinairement, vers les assises supérieures moins agitées que celles du fond, que de petites dislocations locales qui, sur le passage des sources, ouvrent des fentes, des bassins, où elles s'épanchent jusqu'à ce qu'elles les aient remplis. C'est ainsi que sur un certain périmètre le sol est à la fois échauffé et tourmenté, au commencement d'une éruption, de sorte qu'une partie de l'eau des sources peu profondes qui y coulent se vaporise, qu'une autre est absorbée dans des cavités en général peu considérables, et que des fontaines cessent momentanément de fluer.

Ébranlements des contrées non volcaniques.

Nous avons vu que les tremblements de terre se manifestent avec énergie autour des centres volcaniques au début des éruptions, et nous ajouterons que les éboulements intérieurs peuvent compenser les épanchements de laves au détriment de l'épaisseur de l'écorce terrestre ; mais ce n'est pas seulement dans ces régions que se rencontrent les ondulations terribles, les crevasses et les effondrements subits du sol. Si certaines contrées, quoique dépourvues de cratères en activité, comme la Syrie et le Portugal, éprouvent néanmoins ce phénomène dans toute son intensité, elles le doivent à l'absence même de ces orifices qui font l'office de soupapes de sûreté, à une situation exceptionnelle au-dessus d'immenses cavités creusées et élargies successivement par l'action constante des forces en jeu, et à une structure géologique qui a offert jusqu'à ce jour assez de résistance pour ne pas se rompre. Nous n'entrerons pas dans le détail des accidents locaux, des bouleversements, des changements de niveau, des divers genres de

crevasses qui modifient et altèrent la surface des contrées ainsi remuées. La cause générale étant connue ou admise, les variétés d'accidents que les secousses et les ruptures font naître sont aisées à comprendre; mais on peut se demander si ces réactions de l'intérieur contre l'écorce extérieure tendent à augmenter ou à diminuer d'intensité, question d'un grand intérêt que le temps et l'expérience mettront seuls à même de résoudre. Deux influences contraires sont en présence : d'une part, l'extension des cavités et de leurs atmosphères élargit le champ du danger et accroît la puissance atmosphérique souterraine; d'autre part, le refroidissement continu du globe tend à affaiblir la tension intérieure. Toutefois, la balance doit pencher en faveur de la première de ces influences, dont les progrès sont bien plus sensibles et plus rapides que ceux de la seconde.

Mouvements lents des continents.

Sur certains points, les continents s'abaissent ou se gonflent lentement, sans qu'aucune commotion trahisse et accompagne le phénomène. L'atmosphère souterraine ne paraît jouer ici aucun rôle; il s'agit d'une action physique incessante qui tourmente en sens divers la croûte extérieure, et qui se traduit sur quelques parties de la surface par des changements de niveau plus ou moins prononcés. Ces mouvements lents sont dus aux efforts gradués que la contraction d'un refroidissement inégal, suivant l'étage des assises et même suivant les latitudes, imprime à l'enveloppe solide. Cette contraction, différente de celle de la masse incandescente intérieure, se manifeste de deux manières, suivant que l'écorce tend à se disjoindre ou à se resserrer. Dans le premier cas, le sol s'affaisse peu à peu comme dans le Groënland; dans le second, il s'exhausse insensiblement comme en Suède, sur les côtes de la Baltique. Ces mouvements lents doivent être plus répandus qu'on ne le pense, et nous ne craignons pas d'avancer qu'une série de nivellements exacts, répétés à de longs intervalles sous diverses latitudes, montrerait l'écorce de notre planète dans un état de contractilité constante et générale.

Éruptions sous-marines.

Les éruptions sous-marines et le soulèvement des îles hors du sein des mers sont des phénomènes du même ordre que ceux que nous avons passés en revue; mais une particularité importante mérite d'être signalée. L'agitation violente qu'une éruption sous-

marine communique à l'élément liquide, les flux et les reflux tumultueux qui en sont la conséquence, mettent en mouvement, non-seulement les flots, mais encore les dépôts du fond de la mer, et souvent à peine un cratère a-t-il surgi qu'il est emporté sous tant de coups répétés, comblé sous tant de débris, et que l'abîme se referme. Aussi le fond des mers ne peut offrir que des éruptions passagères, incomplètes, à moins qu'elles ne fassent partie de quelque soulèvement considérable, comme celui d'une île volcanique. Il doit même résulter de cette lutte des éléments et de l'introduction de masses d'eau salée dans les cavités souterraines, que la force éruptive refoulée et énormément accrue se concentre, se traduit en effort de soulèvement, et fait apparaître, sous la forme d'un vaste dôme plein ou perforé, une île entière, au lieu d'un simple cratère. Cette circonstance doit même réagir sur les continents voisins, quelquefois à d'énormes distances, si les galeries souterraines s'étendent sur un long espace, et peut y provoquer des tremblements de terre ou des éruptions. Le désastre de Lisbonne, en 1755, a dû provenir d'une éruption sous-marine, passée inaperçue au fond de quelque abîme de l'Océan, et suivie d'une invasion soudaine de la mer dans des cavités souterraines en communication avec celles qui règnent sous le sol de cette ville, ce qui explique l'agitation profonde des flots et ces ondulations lointaines qui viennent expirer aux côtes, mais qui n'y ont pas pris naissance.

Volcans éteints.

Parmi les volcans, il y en a qui cessent de donner des signes d'activité pendant un temps plus ou moins long, quoique l'action du foyer intérieur puisse renaître ; il y en a qui s'éteignent au contraire d'une manière définitive. Les premiers sont ceux dont le cratère s'est bouché de lui-même par des causes locales, ainsi que nous l'avons exposé, et cet état de repos se maintient tant qu'il n'intervient pas une force nouvelle d'expansion capable d'ouvrir une issue. Les seconds perdent entièrement leur vitalité, s'il survient un de ces grands cataclysmes géologiques marqués en longs traits saillants sur l'écorce de la terre ; car, en amenant le soulèvement d'une chaîne de montagnes, ils altèrent d'une manière complète la configuration intérieure du globe, et déplacent tous les foyers d'activité et d'expansion. Tel est sans doute le cas des volcans de l'Auvergne, du Velay, des bords du Rhin, et de tous ceux regardés comme antérieurs à la dernière grande catastrophe. Éteints par cette cause générale, il n'y a pas de raison pour qu'ils

se rallument, puisqu'ils ne correspondent peut-être même plus à aucune excavation souterraine. L'absence ou la rareté des tremblements de terre sur ces points vient à l'appui de cette assertion. Ces volcans éteints ne sont plus soumis qu'à l'action des lois générales, et n'ont conservé de leur ancien état qu'un assez grand nombre de fissures, par lesquelles s'échappent des gaz et des eaux thermales en rapport avec leur constitution primitive.

Hypothèse des marées intérieures.

Le système des marées d'une mer incandescente, mis en avant pour expliquer les causes des tremblements de terre, suppose à ces phénomènes une régularité périodique et une concordance avec les phases astronomiques que l'observation ne justifie pas. Au contraire, en admettant, ce qui est d'accord avec toutes les données de la chronologie et de la géologie, que le refroidissement du globe n'a pas pu faire de grands progrès depuis le dernier cataclysme, l'hypothèse de cavités souterraines ne recouvrant encore que des espaces restreints, d'une étendue pareille, par exemple, à celle des lacs de la Suisse, ou à celle des mers bornées comme la mer Caspienne et la Méditerranée, annule l'effet des marées intérieures, du moins pour l'époque actuelle. Si à notre hypothèse d'une écorce reposant sur le noyau incandescent par des massifs ramollis, pâteux, entremêlés d'excavations, on opposait celle peu rationnelle d'un espace annulaire complétement évidé, les marées intérieures pourraient agir dans toute leur puissance, et se révéleraient par des phases régulières et par des chocs sans doute funestes à la solidité de l'enveloppe sur laquelle nous habitons.

Topographie souterraine.

Tels sont les principaux faits qui dérivent de l'existence et du mode de formation des excavations souterraines et les phénomènes qui en sont la conséquence. Une topographie exacte des lignes parcourues par les divers tremblements de terre, avec des indications précises sur les centres d'ébranlement et de répercussion, sur l'amplitude des ondes, sur la direction des courants dans tous les sens, sur leurs points d'arrêt et de croisement, sur la durée des trépidations, sur le degré d'intensité des secousses, serait l'élément d'une topographie souterraine correspondante, et permettrait d'apprécier la configuration de la partie concave de l'écorce, celle des mers incandescentes, les progrès et les lois du refroidissement du

globe. A cette étude il faudrait joindre un tableau de nivellements propres à faire connaître sur une vaste échelle le degré de contractilité que le refroidissement fait éprouver aux diverses parties de l'écorce, en déterminant avec soin la nature, le périmètre et la quantité différentielle des divers mouvements que les continents peuvent accuser. Peu de problèmes mériteraient autant d'occuper l'esprit humain ; peu de recherches seraient aussi fertiles en résultats importants pour la géologie et l'avenir de certains pays, pour la connaissance des phases réservées à la période actuelle de notre planète. Il est à regretter que les siècles passés ne nous aient pas mis à même de vérifier si en général les tremblements de terre augmentent ou diminuent d'intensité, et ne nous aient pas légué une parcille statistique, délicate et difficile à réaliser, il est vrai. Les observations déjà recueillies offriraient des documents utiles à consulter, et le concours des sociétés savantes, tant à l'étranger qu'en France, serait acquis à cette œuvre. La télégraphie électrique et les chemins de fer seraient d'un grand secours pour la constatation de ces faits. Des chemins de fer courent aujourd'hui et tendent à se multiplier dans toutes les directions ; ils ont des stations rapprochées les unes des autres, toutes munies d'horloges parfaitement réglées. Il devrait être enjoint aux chefs de toutes ces gares de constater le moment précis de l'apparition et celui de la fin de chaque secousse de tremblement de terre, de consigner leurs observations sur des registres, ainsi que tous les phénomènes particuliers dont ils auraient été témoins. Distribuées sur de nombreux et vastes réseaux, ces stations pourraient même fonctionner d'une manière plus complète dans l'intérêt de la science, sans inconvénient pour la régularité du service auquel elles sont affectées, et devenir de petits observatoires pour les faits de météorologie, de magnétisme et d'électricité ; les résultats seraient centralisés dans les observatoires des capitales. Un ensemble de mesures de ce genre, concertées et arrêtées entre tous les gouvernements, serait digne de notre époque, puisqu'il appellerait tous les services publics à concourir au développement des connaissances humaines.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Ébray:

Note sur un nouveau genre d'Échinoderme ; par M. Th. Ébray.

Les carrières de la Grenouille, taillées dans le massif du calcaire à Entroques, contiennent un certain nombre d'Échinodermes qui présentent des caractères assez remarquables.

A la première vue, on serait tenté de classer ces fossiles dans les

Hyboclypus ; mais les *Hyboclypus* ont l'appareil apicial allongé, les ambulacres flexueux, et les oursins des carrières de la Grenouille, tout en présentant les autres caractères des *Hyboclypus*, ont les ambulacres droits (1) et l'appareil apicial formant un cercle au sommet.

C'est en vain que l'on cherche à les placer dans les *Desorella ;* car, d'après M. Cotteau, les *Desorella* ont l'anus non situé dans un sillon profond, et les espèces du genre *Centropygus* présentent l'anus situé dans un sillon aussi profond que les *Hyboclypus*.

On ne peut pas non plus les rapprocher des *Nucleopygus* que M. Desor a séparés du genre *Desorella* ; car les *Centroclypus*, quoique possédant un appareil apicial compacte, ont, comme nous venons de le voir, l'anus situé dans un profond sillon, et cela contrairement au genre *Nucleopygus*.

Donc, dans la méthode actuelle, les espèces de la famille des *Galeridæ*, qui se rencontrent dans le calcaire à Entroques de la Nièvre, constituent un genre nouveau. Ce genre a pour caractères :

Forme déprimée. Tubercules petits, crénelés, perforés, non distribués par séries.

Pores disposés par simples paires. Appareil apicial compacte, composé de cinq plaques ocellaires, de quatre plaques génitales et de deux petites plaques complémentaires.

Anus situé à la face supérieure, dans un sillon profond. Ambulacres droits ou légèrement courbés. Bouche sans bourrelets, irrégulièrement décagonale.

Les plaques complémentaires observées jusqu'à ce jour dans les Échinodermes, principalement dans les ordres des *Echinoconidæ* et des *Echinobrissidæ*, sont extérieures, et c'est autour du corps madréporiforme, occupant généralement une position centrale et faisant partie de la plaque génitale droite antérieure, que viennent se grouper les plaques génitales, ocellaires et complémentaires.

Dans certaines espèces du genre *Collyrites*, et probablement dans le genre tout entier, la plaque complémentaire n'occupe pas la même place ; elle est anale, et entourée des plaques génitales et ocellaires.

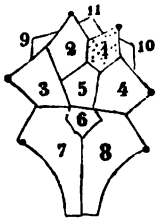
Cette même disposition s'observe dans le nouveau genre *Cen-*

---

(1) Certains individus présentent des ambulacres légèrement courbés ; si cette circonstance rapproche les *Centroclypus* des *Hyboclypus*, ces derniers se distingueront toujours par l'allongement de l'appareil apicial.

troclypus : les plaques complémentaires, au nombre de deux, sont entourées des plaques génitales.

Le croquis suivant donne une idée claire de leur position :



1, 2, 3, 4. . . . Plaques génitales.
5, 6. . . . . Plaques complémentaires.
7, 8, 9, 10, 11. Plaques ocellaires.

Séance du 3 mai 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Le Juge (Édouard), de l'île Maurice, docteur en médecine, rue de Verneuil, 10, à Paris, présenté par MM. Laugel et Virlet d'Aoust.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. G. Cotteau, *Études sur les Échinides fossiles du département de l'Yonne ;* 23e et 24e livraisons.

De la part de M. Édouard Piette, *Description des* Cerithium *enfouis dans les dépôts bathoniens de l'Aisne et des Ardennes* (extr. du *Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XIV, pp. 544-562, 4 pl.); in-8.

De la part de MM. de Hennezel et Triger, *Note sur la composition du terrain crétacé du département de la Sarthe* (extr. du *Bull. de la Soc. d'agric., scienc. et arts de la Sarthe*); in-8, 11 p. Angers, avril 1858, chez Monnoyer.

De la part de M. l'abbé Arsac, *La cosmogonie ou la pluralité des mondes;* in-4, 4 p. Aubenas, ..., chez L. Escudier.

De la part de M. Lagrèze-Fossat, *Note sur une Tortue fossile trouvée à Moissac, et sur la constitution et l'âge des terrains tertiaires des environs de cette ville* (extr. des *Actes de la Soc. Linn. de Bordeaux*, t. XXII, 1re livraison); in-8, 7 p., 1858. Bordeaux, chez Th. Lafargue.

De la part de MM. G. Theobald et R. Ludwig, *Geologische special Karte des Grossherzogthums Hessen.—Section Offenbach*; in-8° 59 p., avec 1 carte géologique. Darmstadt, 1858, chez G. Jonghaus.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er sem., t. XLVI, nos 16 et 17.

Société I. et centrale d'agriculture. — Bulletin des séances; 2e sér., t. XIII, no 2, 1858.

Annuaire de la Société météorologique de France, t. V, 1857. — *Bulletin des séances*, f. 12-17.

L'Institut, nos 1268 et 1269, 1858.

Mémoires de la Soc. d'agriculture, sciences et arts d'Angers, 2e sér., Ve et VIe vol.

Annales scientif., etc., de l'Auvergne, t. XXX, 1857.

Annales de la Soc. d'Agricult., sc., etc., du département d'Indre-et-Loire, t. XXXVII, nos 1 et 2, janvier à juin 1857.

Philosophical Transactions of the royal Society of London, 1857, vol. CXLVII, part. 1 et 2.

Proceedings of the royal Society of London, vol. VIII, no 27; vol. IX, nos 28 et 29.

Sir Humphry Davy's Discourses, 1820-1826, in-4.

Report on the adjudication of the Copley, Rumford and royal Medals, etc., by James Hudson, in-4, 62-21 p. London, 1834, chez R. Taylor.

The royal Society of London, 30th november 1857, in-4, 29 p.

The Athenæum, no 1592, 1857.

Notizblatt des Vereins für Erkunde, etc., zu Darmstadt und des Mittelrheinischen geologischen Vereins, nos 2 à 16; juin 1857 à février 1858, in-8. Darmstadt.

The journal of the Bombay branch of the royal asiatic Society, juillet 1857.

M. Clément-Mullet, rapporteur, présente, au nom de la Commission de comptabilité, le rapport sur la gestion du Trésorier pendant les années 1856 et 1857.

Rapport sur la gestion du Trésorier pour les années 1856 *et* 1857.

Messieurs,

Des raisons graves ayant empêché l'an dernier le Rapporteur désigné de remplir sa tâche, je vais avoir l'honneur de vous présenter, au nom de la Commission chargée de la vérification des comptes, le résultat de notre examen, c'est-à-dire que j'aurai à vous rendre compte de deux exercices, celui de l'année 1856 et celui de l'année 1857.

Gestion de 1856.

Les recettes pour droits d'entrée et de diplôme n'ont pas dépassé les prévisions.

Les cotisations pour l'année courante, portées en prévision pour 8,400 fr., ont éprouvé une diminution de 1,240 fr., mais aussi les recouvrements opérés sur les cotisations arriérées présentent une augmentation de 1,230 fr.

Les cotisations une fois payées, prévues pour 700 fr., se sont élevées à 1,550 fr.; augmentation, 850 fr.

La vente du *Bulletin* donne un excédant de produit de 307 fr.; celle des *Progrès de la géologie* une réduction de 275 fr. La vente des *Mémoires* se trouve amoindrie de 784 fr., c'est-à-dire de plus de la moitié de la prévision.

Les fonds placés pour la Société nous présentent un chiffre de recettes d'arrérages de 1,461 fr. pour le capital de rente placé à 4 1/2 pour 100, et 409 fr. pour les fonds placés à 3 pour 100.

Les intérêts des placements en obligations du chemin de fer de l'Ouest, mode d'emploi de fonds actuellement adopté pour la Société, ont donné, cette première année, 75 fr.

Les placements en bons sur le Trésor ont été de 7,000 fr.; ils ont produit pour arrérages 350 fr.

Les autres articles, comprenant les numéros de 16 à 19, dans lesquels, entre autres, se trouve l'allocation accordée par M. le Ministre de l'Instruction publique pour la publication de l'*Histoire des progrès de la géologie*, sont restés dans les chiffres de la prévision, ou bien les différences sont tellement faibles qu'il devient inutile d'en parler, sinon la recette extraordinaire relative au *Bulletin*, où l'on voit une augmentation de 150 fr.

DÉPENSES.

Dans les deux premiers paragraphes s'appliquant au personnel et aux frais de logement et de chauffage, nous ne trouvons de différence entre le chiffre des prévisions et celui des dépenses effectuées que dans l'article du chauffage grossi de 106 fr. 75 c. par le renchérissement du combustible.

Dans le paragraphe des frais de bureau, l'article des dépenses diverses donne une diminution de 205 fr. 75 c., et celui du change et retours de mandats, 91 fr. 60 c. Les impressions et circulaires ont au contraire augmenté de 70 fr. 35 c.

Le paragraphe du magasin, comprenant les articles mobilier, bibliothèque, etc., présente une diminution totale de 378 fr. 15 c.

Les frais de publication nous donnent pour le *Bulletin* (impression et port) une réduction de 3,397 fr. 45 c. qui s'explique par le retard éprouvé dans l'impression et la publication du *Bulletin*. Ainsi cette réduction ne doit être considérée que comme temporaire.

L'*Histoire des progrès de la géologie* nous donne en augmentation, 167 fr. 30 c.

Les *Mémoires* offrent une réduction de 500 fr. sur l'achat des exemplaires, conséquence d'un retard dans la publication, partant aussi temporaire.

A l'article du placement de capitaux, nous voyons une augmentation de 1,353 fr. 70 c., par suite de l'augmentation signalée dans les rentrées des cotisations une fois payées.

Il a été placé en bons du Trésor une somme de 3,000 fr.

provenant de la réduction que nous avons signalée sur la publication du *Bulletin*. Ce placement forme l'article 23 du § 6.

En résumé, pour l'année 1856,

La recette effectuée s'est élevée à. . . .	27,900 fr.	95 c.
La dépense a été de.	25,022	60
Reste en caisse au 1er janvier 1857. . .	2,878 fr.	35 c.

que nous voyons figurer dans les comptes de 1857.

Gestion de 1857.

Les droits d'entrée et de diplôme présentent une différence assez faible sur le chiffre de prévision porté au budget.

Le chapitre ou paragraphe des *cotisations courantes* a éprouvé une diminution de 2,804 fr. 60 c., mais aussi le chiffre sur l'arriéré donne une augmentation de 100 fr., et celui des *cotisations rachetées* une de 1,103 fr. 25 c.

Chaque année, le nombre des membres qui effectuent le rachat de leur cotisation va croissant ; il serait bien à désirer, ainsi que le fait remarquer M. le Trésorier, que tous les membres étrangers surtout prissent ce parti.

La vente des anciens volumes du *Bulletin* s'est ralentie : 126 fr. de diminution sur les prévisions le prouvent, mais la vente de l'*Histoire des progrès de la géologie* donne une augmentation de 660 fr. 70 c. Les *Mémoires* présentent une augmentation insignifiante de 5 fr. 50 c.

Le placement des capitaux fait en achats d'obligations de chemin de fer, sur lequel nous aurons occasion de revenir au chapitre de la dépense, a procuré une augmentation de produit de 87 fr. 50 c.; en sorte qu'aujourd'hui le revenu total de la Société en capitaux placés s'élève à 2,057 fr. 50 c.

Le paragraphe des *recettes diverses* n'offre qu'une faible variation de 225 fr. Dans ce paragraphe est l'article de l'allocation ministérielle pour l'*Histoire des progrès de la géologie* qui se continue toujours comme par le passé.

DÉPENSES.

Les trois premiers paragraphes, c'est-à-dire les 15 premiers

articles, comprenant le personnel, les frais de logement et frais de bureau pris collectivement, nous donnent une réduction de 164 fr. 70 c.

Nous trouvons pour la bibliothèque une diminution de 450 fr. 65 c. Un mot d'explication est ici nécessaire. De cette diminution, il n'en faut point conclure que les reliures ou le collage des cartes aient été négligés; on s'en est occupé avec autant de soin que par le passé; mais quelquefois le zèle de l'Archiviste se trouve paralysé par l'inexactitude apportée par les Sociétés savantes des départements à l'envoi de leurs publications qui laissent trop souvent des volumes incomplets. D'un autre côté, il ne suffit pas de réunir des livres; il faut encore avoir un emplacement suffisant pour les ranger. Or l'espace diminue tous les jours, et nous nous trouvons de plus en plus à l'étroit.

Au chapitre des *Publications*, deux chiffres nous frappent au premier coup d'œil : c'est, d'une part, la diminution de 1,697 fr. 20 c. sur l'impression et le port du *Bulletin*, etc., et ensuite celle de 3,108 fr. 95 c. sur l'*Histoire des progrès de la géologie*. Ces diminutions sont la conséquence des retards que ces deux publications ont éprouvés, et, lorsqu'elles se feront, la dépense devra être réalisée, mais la caisse est en mesure à cet égard.

Le placement de fonds en obligations de chemins de fer présente une augmentation de 1,341 fr. 80 c. Elle résulte du rachat de nombreuses cotisations dépassant les prévisions du budget.

Ainsi, la recette totale effectuée en 1857 étant de	21,952 fr.	05 c.
Et la dépense de.	19,804	80
Reste en caisse au 1er janvier 1858. . .	2,147	25

outre un bon du trésor de 1,055 fr., échéant en février 1858.

Nous avons dit que nous reviendrions sur l'*Histoire des progrès de la géologie*. Inutile de faire l'éloge de ce travail, œuvre de recherches intelligentes et de patience que nous avons tous étudiée et appréciée. Cette publication, comme tous les comptes rendus, a pris un développement que son savant auteur lui-même n'avait pu prévoir. Cependant les finances de

la Société n'ont point eu à en souffrir, comme nous allons le voir, grâce à la souscription généreuse et toujours continuée de M. le Ministre de l'Instruction publique.

Cet ouvrage est arrivé au VIIe volume. M. Viquesnel avait établi, dans le rapport présenté par lui en 1855, que la dépense occasionnée par les cinq premiers volumes s'élevait au 31 décembre 1854 à . . . . . 20,139 fr. 30 c.

2,395 exemplaires alors vendus aux membres de la Société et aux libraires avaient produit	10,326 fr.	19,326	»
Les allocations ministérielles alors reçues s'élevaient à. . .	9,000		
Conséquemment la Société était à découvert de		813	30
garantis par les exemplaires en magasin.			
Ajoutant pour les dépenses causées par l'impression du VIe volume		4,519	05
on a un total de.		5,332	35
Déduisant : 1° Allocation du Ministre pendant les années 1855, 1856, 1857, trois ans.	3,000 fr. » c.	6,105 fr.	70 c.
Exemplaires vendus du 31 décembre 1854 au 31 décembre 1857, 517.	3,105 70		
Ainsi, au 31 décembre 1857, la Société, sur les tomes I à VI, était en bénéfice de		773 fr.	35 c.

Il ne peut être ici question du tome VII qui n'a été mis en vente que le 1er mars 1858, et dont les dépenses ne seront payées que dans le cours de cette même année 1858.

Tel est, messieurs, le résultat de la vérification des comptes du Trésorier pour les exercices 1856 et 1857. Notre travail a été singulièrement facilité par la netteté des comptes remis par M. le marquis de Roys et les notes explicatives jointes à l'appui. Nous nous plaisons à rendre justice à son zèle et au soin qu'il a apporté surtout dans le recouvrement des cotisations arriérées. Nous mentionnerons aussi l'activité intelligente

avec laquelle notre agent a continué à remplir ses fonctions.

En conséquence, nous proposons de voter des remercîments à M. le marquis de Roys, trésorier sortant, et de lui donner décharge définitive de sa gestion pour les années 1856 et 1857, objectives du présent rapport.

J.-J. CLÉMENT-MULLET, *rapporteur.*

La Société vote des remercîments à M. le marquis de Roys, trésorier sortant, et à M. Clément-Mullet, rapporteur de la Commission de Comptabilité.

M. Meugy, trésorier en fonctions, donne lecture du projet de budget pour l'année 1858.

Projet de Budget pour 1858.

RECETTE.

DÉSIGNATION des chapitres de la recette.	NUMÉROS DES ARTICLES.	NATURE DES RECETTES.	RECETTES prévues au budget de 1857.	RECETTES effectuées en 1857.	RECETTES prévues pour 1858.
§ 1. Produits ordinaires des réceptions.	1	Droit d'entrée et de diplôme.	500 »	480 »	500 »
	2	Cotisations. de l'année courante.	8,400 »	5,780 40	7,680 »
	3	Cotisations. arriérées.	2,500 »	2,600 »	3,000 »
§ 2. Produits extraord. des réceptions	4	Cotisations. anticipées.	300 »	295 »	300 »
	5	Cotisations une fois payées.	1,000 »	2,103 25	1,200 »
§ 3. Produits des publications.	6	Vente de. Bulletin.	1,000 »	873 35	1,000 »
	7	Vente de. Histoire des progrès de la géologie.	1,000 »	1,660 70	1,000 »
	8	Vente de. Mémoires.	700 »	705 50	700 »
	9	Vente de. Cartes coloriées.	10 »	1 50	10 »
§ 4. Recettes diverses.	10	Arrérages de capitaux placés. 4 1/2.	1,461 »	1,461 »	1,461 »
	11	Arrérages de capitaux placés. 3 %.	409 »	409 »	409 »
	12	Arrérages de capitaux placés. Obligations.	100 »	187 50	240 »
	13	Encaissements de bons du Trésor	1,000 »	1,000 »	1,000 »
	14	Arrérages de bons du Trésor	50 »	25 »	55 »
	15	Allocation du Ministre de l'Instruction publique.	1,000 »	1,000 »	1,000 »
	16	Remboursement de frais de mandats.	» »	1 50	» »
	17	Recette extraordin. relative au Bulletin.	150 »	» »	300 »
	18	Recettes imprévues.	20 »	» »	10 »
	19	Recette extraordinaire relative aux loyers des Soc. Bot. et Météor.	600 »	600 »	600 »
		Totaux.	20,400 »	19,078 70	20,685 »
§ 5. Solde du compte de 1857.	20	Reliquat en caisse au 31 décembre 1857.			2,147 25
		Total de la recette prévue pour 1858.			22,812 25

Projet de Budget pour 1858.

DÉPENSE.

DÉSIGNATION des chapitres de la dépense.	NUMÉROS DES ARTICLES.	NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSES prévues au budget de 1857.	DÉPENSES effectuées en 1857.	DÉPENSES prévues pour 1858.
§ 1. Personnel.	1	Agent. son traitement	1,800 »	1,800 »	1,800 »
	2	Agent. travaux extraordinaires	300 »	300 »	300 »
	3	Agent. indemnité de logement	200 »	200 »	200 »
	4	Agent. gratification	200 »	200 »	200 »
	5	Garçon de bureau. ses gages	800 »	800 »	800 »
	6	Garçon de bureau. gratification	100 »	100 »	100 »
§ 2. Frais de logement.	7	Loyer, contributions, assurances	1,550 »	1,559 60	1,550 »
	8	Chauffage et éclairage	650 »	615 »	650 »
	9	Dépenses diverses	500 »	403 25	500 »
§ 3. Frais de bureau.	10	Ports de lettres	150 »	160 50	150 »
	11	Impressions d'avis et circulaires	250 »	130 75	270 »
	12	Change et retour de mandats	50 »	12 50	50 »
§ 4. Magasin.	13	Mobilier	100 »	204 10	100 »
	14	Bibliothèque	750 »	299 35	500 »
	15	Collections	50 »	» »	50 »
§ 5. Publications.	16	Bulletin. impression et papier	7,500 »	6,950 05	7,500 »
	17	Bulletin. port	1,000 »	912 75	1,000 »
	18	Histoire des progrès de la géologie	3,200 »	61 05	3,200 »
	19	Mémoires. achat d'exemplaires	2,000 »	2,000 »	2,000 »
	20	Mémoires. dépenses supplémentaires	100 »	» »	100 »
	21	Mémoires. menus frais	» »	» »	30 »
§ 6. Emploi de capitaux.	22	Placement de capitaux	600 »	1,941 80	1,200 »
	23	Avances remboursables	50 »	154 10	50 »
	24	Placements momentanés sur le Trésor	1,000 »	1,000 »	» »
			22,900 »	19,804 80	22,250 »

BALANCE.

La recette étant évaluée à . . . . . 22,812 fr. 25 c.
La dépense à . . . . . 22,250 »

Il y aura excédant de recette de . . . . . 562 fr. 25 c.

Ce projet est adopté sans discussion.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante adressée à la Société par M. Marcel de Serres.

De la découverte du Notæus laticaudus, *poisson malacoptérygien, dans les terrains d'eau douce anenthalassiques d'Armissan, près de Narbonne* (*Aude*); par M. Marcel de Serres.

Le poisson fossile de l'ordre des cycloïdes (*Notæus laticaudus*), des environs de Narbonne, doit le nom que lui a donné M. Agassiz

à sa caudale arrondie et à la largeur de sa queue. Quoique nous ne possédions que la partie postérieure du corps de cette espèce, nous n'en sommes pas moins certain de son exacte détermination, tant est précise la description que nous devons à ce grand zoologiste.

Agassiz a rapporté le *Notœus laticaudus*, la seule espèce du genre, à l'ordre des cycloïdes malacoptérygiens de la famille des halécoïdes. Cette famille est, comme on le sait, essentiellement composée de poissons d'eau douce (1). C'est aussi dans les terrains déposés dans le sein des lacs que le genre *Notœus* a été trouvé à Montmartre, près Paris, aussi bien qu'à Armissan

Cette découverte prouve que ce genre se trouve non-seulement dans les terrains des environs de Paris, mais aussi dans les mêmes formations situées à d'assez grandes distances horizontales. Cette circonstance, en opposition avec la loi de la localisation qui a régi la distribution des espèces organiques lors de la période tertiaire, donne une certaine importance à la découverte du genre *Notœus*, des formations fluvio-marines des environs de Paris, dans le terrain anenthalassique du midi de la France.

Pour en faire saisir toute la portée, nous comparerons les bassins océaniques et méditerranéens, afin de savoir si, à l'exception de quelques espèces communes, l'ensemble de leurs productions organiques ne présente pas de grandes et de notables différences. Cette comparaison nous permettra peut-être de reconnaître si l'identité des espèces, dans des bassins éloignés et appartenant à des mers différentes, ne porte pas plutôt sur les êtres des terres sèches découvertes et des eaux douces que sur ceux qui vivent dans le sein des mers. La dissimilitude devra être d'autant plus sensible dans ces bassins que les uns ont été plongés à l'époque tertiaire dans l'Océan, et les autres dans les mers intérieures.

I. *Bassin anenthalassique d'Armissan.*

Ce bassin méditerranéen est caractérisé par de nombreux végétaux fossiles de l'ordre des dicotylédones angiospermes, quelques rares monocotylédones et cryptogames acrogènes des familles des fougères et des mousses. Ces végétaux, associés à un petit

(1) Cette famille, telle qu'elle a été établie par Agassiz, comprend les Clapes et les Salmones, quoique ces deux ordres aient paru très distincts à plusieurs zoologistes. *Recherches sur les poissons fossiles*, t. II, p. 96, 127, 148 et 158 ; vol. V, tab. 46.

nombre de poissons, le sont également à des mollusques lacustres, pour la plupart de la famille des lamellibranches, et des genres Cyrènes et Cyclades. Les marnes d'eau douce d'Armissan ne sont pas accompagnées, comme celles de Montmartre, par les gypses; elles sont seulement liées avec les mines de plâtre qui les entourent; telles sont celles de Malvizy, de Portel, du Lac et de Sigean. Ces dernières, situées à environ 2 kilomètres de ce bourg, ont été reconnues récemment assez riches pour fournir à une exploitation régulière.

Quoique l'on ne voie pas les terrains d'Armissan associés aux formations gypseuses, ils le sont du moins à un dépôt puissant d'un combustible qui minéralogiquement semble établir une sorte de transition entre les lignites et les tourbes. On sait du reste que les lignites tertiaires, comme le sulfate de chaux des mêmes terrains, appartiennent généralement aux formations d'eau douce. Les gypses des environs d'Armissan, pour la plupart exploités, constituent un même système avec les dépôts lacustres de Pesquis, de Sigean, de Bages et des îles qui en sont rapprochées, connues sous le nom d'Ouillons, de Planas et de Laute, etc.

Il en est de même des formations inférieures au calcaire-moellon de l'île de Sainte-Lucie, et des calcaires blancs de Fleury et de Salles, etc. Cet ensemble de dépôt paraît contemporain de celui de Montmartre, près de Paris.

Les lignites de la partie inférieure des terrains d'eau douce offrent, comme ceux des mêmes formations de la Provence, une résine brunâtre ou légèrement rougeâtre, translucide, que l'on a comparée au succin ou ambre jaune, dont elle diffère cependant par sa couleur et l'ensemble de ses caractères. La même résine se retrouve dans les lignites des terrains crétacés de Saint-Paulet, dans le département du Gard, de Saint-Julien-de-Peyrolas, près le pont Saint-Esprit, et de Sangraignes, dans l'Aude. Cette résine se trouve du reste en fragments plus volumineux dans ces dernières localités que partout ailleurs.

Les marnes argilo-calcaires d'Armissan n'ont présenté jusqu'à présent, en fait de débris de vertébrés, que quelques vestiges de poissons dont le plus considérable est notre échantillon. On n'y a pas observé de reptiles ni de mammifères, tandis que les empreintes végétales y sont en grand nombre; quelques-unes paraissent se rapporter à des genres de l'époque actuelle. Quant aux espèces, elles diffèrent des plantes vivantes; plusieurs rappellent des arbres de grandes dimensions.

II. *Bassin de Montmartre, près Paris.*

Le bassin d'eau douce de Montmartre n'a presque rien de commun avec celui d'Armissan par sa composition géologique, sa nature minéralogique, sa flore et sa faune, si ce n'est l'identité du *Notæus laticaudus*. Le premier est remarquable par le nombre des genres perdus de mammifères qu'il présente; la plupart se rapportent aux pachydermes des genres *Palæotherium*, *Anoplotherium*, *Chœropotamus*, etc. On observe avec eux des oiseaux de différents ordres et quelques reptiles; on peut en outre citer, parmi les caractères de ce même bassin, plusieurs poissons dont les genres sont perdus, et ne se retrouvent pas dans les terrains du même groupe qui appartiennent à d'autres localités. La faune des vertébrés des environs de Paris, considérée dans son ensemble, est donc entièrement différente de celle d'Armissan; il en est de même pour celle des invertébrés. Ceux-ci sont caractérisés dans le nord de la France par des mollusques gastéropodes, dont on ne voit aucune trace dans les formations lacustres d'Armissan; celles-ci offrent quelques mollusques lamellibranches dont les traces ne se trouvent pas à Montmartre. Des différences non moins grandes existent entre les flores des deux bassins; elles n'ont en effet aucun rapport ni dans leur ensemble ni dans leurs détails.

III. *Bassin d'Aix en Provence.*

La faune de ce bassin présente avec celle de Montmartre de plus grandes différences que la flore. La première n'a dans les deux bassins aucune analogie, tandis que leur végétation a quelques rapports et plusieurs points de contact. Il est, par exemple, un ordre entier d'invertébrés, les insectes, qui caractérisent d'une manière particulière la faune du premier bassin, tandis qu'on n'en voit aucune trace dans le second. Cet ordre, l'un des plus importants des animaux sans vertèbres, offre à Aix le plus grand développement, et à tel point qu'il n'est peut-être nulle part aussi prononcé sous le rapport du nombre, des genres, des espèces et même des familles qui le composent. Outre les insectes, cette même localité recèle des arachnides et des myriapodes du même embranchement; quoique ces deux ordres des articulés y soient peu nombreux, ils n'ont pas moins d'intérêt que les insectes. Le nombre de ces derniers s'est tellement accru depuis 1829, où nous

les avons décrits pour la première fois (1), qu'il ne nous serait pas difficile d'augmenter cette quantité de deux tiers en sus du chiffre que nous en avons donné.

Les mollusques gastéropodes, ainsi que les lamellibranches qui accompagnent les articulés, appartiennent à des espèces pour la plupart différentes des formations d'eau douce de Montmartre. Il en est de même des reptiles chéloniens et batraciens des deux localités. Ces reptiles diffèrent, du moins spécifiquement, les derniers surtout qui ne sont pas très rares dans le bassin d'Aix. On peut en dire autant des poissons; du moins leurs espèces caractérisées ne sont pas les mêmes parmi les plus communes, comme le *Labias cephalotes*. Ce poisson, de la famille des cyprinodontes, est remarquable par le grand nombre d'individus qu'il a laissés dans les marnes d'eau douce; ils y sont en telle quantité que ce labroïde devait vivre nécessairement en société, à la manière de nos goujons.

Enfin les mammifères si nombreux à Montmartre ne sont pas représentés à Aix, à l'exception des *Palæotherium* qui y sont toutefois des plus rares et réduits à une seule espèce.

Les flores des deux bassins, contrairement à leur faune, ont entre elles quelques analogies, du moins lorsqu'on les considère dans leur ensemble, composées l'une et l'autre de dicotylédons angiospermes et de quelques monocotylédons, parmi lesquels on remarque à Aix comme à Montmartre le *Stabellaria Parisiensis*, espèce entièrement perdue.

La flore d'Aix a également quelques rapports avec celle d'Armissan par la quantité des dicotylédons angiospermes qu'elle présente; on n'a pas cependant aperçu dans la première le moindre vestige de cryptogame acrogène de la famille des mousses et de celle des fougères, tandis que ces végétaux ne sont pas rares à Armissan.

IV. *Bassin anenthalassique à l'est et au nord de Montpellier, se prolongeant jusqu'à Salagas dans l'Ardèche.*

Les terrains anenthalassiques, qui s'étendent dans la direction de l'est jusqu'à Salagas dans l'Ardèche, couvrent de leurs dépôts

(1) *Géognosie des terrains tertiaires, ou tableau des animaux invertébrés du midi de la France.* Montpellier, 1829, p. 206, in-8, avec figures.

AVIS AU RELIEUR.

A placer en regard de la page 459.

Il s'est glissé dans la note de M. Meugy, insérée au *Bulletin* (séance du 19 avril 1858, page 459), une erreur qu'on a laissée subsister par mégarde. Il s'agit de la phrase où il est dit que la carte réduite du département du Nord est la même que celle de la grande carte géologique de la Belgique. Cette phrase doit être supprimée ; car la carte de Belgique est à l'échelle de $\frac{1}{160000}$, tandis que celle du département du Nord n'a pu être faite que sur un report de celle publiée à Douai, à l'échelle de $\frac{1}{240000}$.

ERRATA.

Page 458, ligne 34, *au lieu de* $\frac{1}{250000}$, *lisez* $\frac{1}{240000}$.

Page 459. La position de Valenciennes a été omise sur la coupe. Elle devait être indiquée au-dessus de la limite sud du terrain houiller.

Page 460, ligne 28, *au lieu de* Mons-en-Sévèle, *lisez* Mons-en-Pévèle.

Page 461, coupe de sondage : 3, *au lieu de* Tourtin, *lisez* Tourtia.

Nous profitons de cette occasion pour corriger quelques fautes qui se sont glissées dans une autre note de M. Meugy, insérée tome XIII, page 879.

Page 879, ligne 35, *au lieu de* t. VII, *lisez* t. VIII.

Page 880, ligne 1, *au lieu de* Vinant, *lisez* Vissant.

Page 880, ligne 13, *au lieu de* supérieur du minerai, *lisez* supérieur au minerai.

Page 881, lignes 28 et 30, *au lieu de* système nervien, *lisez* système hervien.

souvent interrompus un espace d'environ 30 ou 36 lieues. Quant à leur largeur, elle ne dépasse guère 10 ou 12 lieues. On peut juger par là de l'étendue qu'avaient les anciens lacs du midi de la France. Maintenant desséchés, ils ont tout à fait disparu, comme les foyers volcaniques qui en ont troublé le sol à tant de reprises diverses.

Ces terrains lacustres paraissent de la même époque que la plupart des formations d'eau douce que nous avons signalées. Ils sont du moins caractérisés dans cet intervalle par des mollusques gastéropodes et acéphales des mêmes stations. Toutefois leurs espèces diffèrent d'une localité à une autre, non-seulement dans les bassins qui se rattachent à ce système, mais dans les portions plus ou moins éloignées des terrains qui les composent. La plupart des races des eaux douces qu'on y rencontre toutes détruites n'ont que de faibles analogies avec les espèces vivantes.

Il n'en est pas ainsi des genres qui presque tous sont représentés dans la nature actuelle. Il est du moins peu d'exceptions à cet égard. Telle est celle que présente le genre Ferrusine, extrêmement rapproché des Anostomes de notre monde.

Le fait le plus remarquable de ce grand bassin anenthalassique, qui ne le cède en étendue qu'à ceux du même genre de l'Espagne et de l'Asie Mineure, c'est le petit nombre de débris de vertébrés. Ces animaux sont en effet en si petite quantité qu'on n'y a du moins observé jusqu'à présent que quelques vestiges de *Palæotherium*. Outre qu'ils sont fort rares, ils sont bornés à une seule espèce. Celle-ci paraît se rapprocher du *Palæotherium medium*.

V. *Bassin anenthalassique à l'ouest de Montpellier, se prolongeant jusqu'au delà d'Issel et de Castelnaudary (Aude).*

Nous n'avons pas compris dans ce bassin quelques localités situées au nord-ouest de Montpellier, parce qu'elles se rattachent plutôt au bassin que nous venons de décrire. Telle est, par exemple, celle de Gignac et de Clermont-l'Hérault. Un fait assez général des terrains anenthalassiques considérés dans leur ensemble, c'est que la plupart des formations d'eau douce pure sont dans l'Hérault accompagnées et liées aux lignites, tandis que les mêmes formations se montrent dans l'Aude associées aux dépôts gypseux.

Ainsi, dans le premier département, les lignites se trouvent

dans les dépôts de Saint-Paul, de Valmale, de Cessenon, de Cabezac, de la Caunette, d'Aigues-Vives, d'Agel, d'Azillanet et de Cesseras, en revenant vers Béziers, c'est-à-dire à l'est. On trouve les lignites exploités en grand à Genestas. Ces charbons, à structure plus ou moins ligneuse, fournissent d'assez bons combustibles, surtout ceux de cette dernière mine et de la Caunette où les couches sont très puissantes. Les gypses de Malvezy, de Portel, du Lac et de Sigean, qni appartiennent à des formations lacustres de la même époque que celles de l'Hérault, en sont des exemples; en effet, au lieu des lignites, on découvre dans l'Aude, et presque uniquement, des dépôts gypseux.

Aussi n'existe-t-il pas dans l'Hérault de mine de gypse tertiaire en exploitation; celles qui fournissent le plâtre dans cette partie de la France sont, ou dans les terrains triasiques, principalement dans les marnes irisées, ou dans d'autres formations secondaires.

C'est uniquement dans les points extrêmes du système occidental qui s'arrête à Issel et à Villeneuve, près Castelnaudary, que l'on découvre la plupart des animaux vertébrés, surtout de mammifères pachydermes, ainsi que des reptiles des ordres chélonien et saurien. Les débris de ces vertébrés sont principalement abondants à Issel. Les terrains anenthalassiques prennent dans cette localité le plus grand développement, et sont probablement les plus anciens de ce genre de dépôt, du moins dans cette partie du midi de la France.

Les mêmes vertébrés se retrouvent dans plusieurs autres bassins, soit de l'Aude, soit de l'Hérault, et par exemple à Cesseras; mais nulle part ils ne sont aussi abondants qu'à Issel. Les *Palæotherium*, les *Anoplotherium* et surtout les *Lophiodon* caractérisent en effet les grès tertiaires ou les macignos de cette localité. On y observe en outre de grandes espèces de tortues analogues par leurs dimensions aux tortues terrestres de l'Inde. Ces chéloniens y sont accompagnés par des sauriens de l'ordre des crocodiliens.

Cette formation occidentale présente ce fait remarquable que, dans tous les points où les débris des animaux vertébrés sont en grand nombre, il en est tout le contraire des invertébrés et particulièrement des mollusques. Ainsi les débris des mammifères répandus en assez grande abondance à Issel sont fort rares dans les environs de Castelnaudary, tandis que les coquilles y sont aussi inconnues que diversifiées. Il pourrait bien en être ainsi des végétaux; du moins n'en voit-on pas de traces à Issel, mais bien à Villeneuve-Lacomtat, près de Castelnaudary. Dunal y a signalé une espèce nouvelle d'*Equisetum* qu'il a nommée *Equisetum sulcatum*. Les

dimensions de cette prèle sont beaucoup plus grandes que celles de toutes les espèces européennes (1).

Enfin les macignos ou grès de Carcassonne ont offert des fragments de *Flabellaria parisiensis*, la même espèce qui se trouve à Aix et à Montmartre. La localité de Villeneuve est la plus riche en coquilles du bassin anenthalassique occidental, comme celle de Poudres (Gard), si rapprochée des formations fluvio-marines de Sommières, l'est pour le bassin oriental. L'une et l'autre de ces localités, remarquables par la variété des espèces qui les caractérisent, ne le sont pas moins par le nombre des individus de ces espèces qu'elles recèlent. La première offre en outre quelques débris de végétaux, ainsi qu'une foule d'œufs de tortues terrestres et quelques rares débris de pachydermes du genre *Palæotherium*.

Ces bassins anenthalassiques, à d'assez grandes distances l'un de l'autre, annoncent que la loi de localisation a présidé à la répartition des espèces organiques qu'ils renferment; car, si elle avait été régie par la loi de la diffusion, les espèces auraient été les mêmes dans les deux bassins, comme on l'observe dans les terrains secondaires, quelque grande que soit la distance horizontale qui les sépare. Cette particularité, propre aux dépôts tertiaires, de présenter des espèces différentes dans des bassins de la même époque, mais plus ou moins éloignés, donne aux exceptions fournies par le *Notæus laticaudus* et le *Flabellaria parisiensis* un assez grand intérêt.

En résumé, les espèces communes aux terrains lacustres du nord et du midi de la France, dont les uns se rattachent à l'Océan et les autres à la Méditerranée, ne concordent pas avec la répartition géographique des espèces fossiles en surface et en profondeur appartenant à la période tertiaire. Ces exceptions se rattachent en quelque sorte à la loi de diffusion qui a régi la distribution des corps organisés pendant les périodes primaire et secondaire. Remplacée plus tard par la loi de la localisation, cette loi a établi des flores et des faunes diverses dans chaque région qui, tout en se rapportant à une même époque, dépendait cependant d'aires géographiques différentes.

---

(1) *Mémoire de la section des sciences. Académie de Montpellier*, t. I, p. 169. Montpellier, 1848.

M. Sæmann fait une communication relative au terrain crétacé de la Sarthe.

Note sur la distribution des Mollusques fossiles dans le terrain crétacé du département de la Sarthe; par M. L. Sæmann.

Le triage et la classification de la collection de fossiles laissée par feu N. Desportes, notre regretté confrère, m'a fourni l'occasion de faire, pour les nombreuses espèces crétacées du département de la Sarthe, des observations comparatives qui m'ont paru jeter quelque jour sur une question géologique assez importante : la distribution en étages des dépôts compris entre la craie blanche et le gault.

Desportes, mort à environ quatre-vingts ans, avait passé la plus grande partie de sa vie dans le département de la Sarthe, et sa maison était remplie de fossiles, de roches, de minéraux, de plantes, de coquilles récentes et de livres qu'il avait réunis avec un zèle infatigable. La récolte de fossiles, faite pendant ses années de force et d'activité, était étiquetée d'une manière très intelligente, et qu'on ne saurait trop recommander aux collecteurs. Chaque exemplaire portait le nom de la localité où il était pris, et il était facile de s'assurer, lorsque les échantillons portant le nom de la même localité étaient réunis, que cette indication méritait la plus grande confiance.

Le département de la Sarthe est depuis quelque temps l'objet de tant de recherches et de discussions qu'on ne peut guère espérer d'en dire quelque chose d'entièrement nouveau. Le zèle de M. Triger à éclaircir, à vérifier, à corriger, et à discuter les travaux de ses devanciers et les siens propres, augmente journellement nos connaissances ; mais il me semble qu'on écrit trop peu tout en discutant beaucoup, de sorte que les personnes qui n'assistent pas aux débats ne profitent pas assez des progrès que l'on fait.

Les recherches de M. Triger sont si importantes, et leur publication si souvent promise paraît si prochaine, que j'aurais hésité à publier ces lignes, si nous n'avions pas été en désaccord sur quelques points principaux. Voici d'ailleurs les conclusions auxquelles j'arrive, et que je compte appuyer par l'examen des fossiles.

Le terrain crétacé des environs du Mans et de la partie nord-est du département de la Sarthe présente trois divisions principales, caractérisées par leur position géologique, par leurs caractères

pétrographiques et par les faunes fossiles qu'elles renferment.

L'inférieure, que j'appellerai *glauconie*, est la zone à *Pecten asper* de M. Triger, dont ce dernier a reconnu l'indépendance comme étage, contrairement à l'opinion de M. d'Archiac (1) qui prend les glauconies de Lamnay pour une modification latérale du groupe suivant. C'est l'équivalent exact de l'*upper green-sand* et du *fire-stone* de M. Fitton, du grès vert d'Essen, du tourtia de Belgique, et probablement des couches nos 7 et 8 de la coupe de la craie de Rouen donnée par M. Passy (2).

L'étage moyen pourrait être désigné sous le nom de *grès ferrugineux*, s'il était prouvé que la plupart des grès à minerai de fer appelés *roussard* appartiennent à cette couche. Le fait n'est pas douteux pour une localité située sur la route de Beaumont à Ségrie, où l'on rencontre les *Trigonia crenulata* et *daedalea* de l'étage moyen.

C'est la craie à *Scaphites* ou le grès à *Ammonites rothomagensis* de M. Triger, et le gisement des plus beaux fossiles qui font la réputation de Sainte-Croix, d'Yvré-l'Évêque et de Coulaines aux environs du Mans.

L'étage moyen comprend les couches inférieures de Coudrecieux à *Codiopsis doma*, les sables ferrugineux de Coulaines et les grès à Trigonies ; il se termine par la couche appelée Jalais, le onzième strate de M. Guéranger (3).

Je commence l'étage supérieur par les bancs de sable à stratification inclinée, si souvent observés dans les carrières de Sainte-Croix, le douzième strate de M. Guéranger.

Je ne me flatte pas de tracer ainsi avec une précision extrême la limite supérieure de l'étage moyen ; le sable de la côte a dû être remué au moment où l'abaissement qui signalait le commencement d'une nouvelle série de dépôts s'est fait sentir. En choisissant de préférence les sables à stratification discordante pour commencer la nouvelle série, j'admets la probabilité qu'un mouvement extraordinaire a dû produire ce singulier phénomène.

Toutes les couches supérieures à ce sable, le grès vert à *Globiconcha*, les couches à Caprines et les marnes à ostracées sont pour moi la base de la craie micacée de Touraine, et constituent avec cette dernière une grande division à laquelle on pourrait conserver le nom d'*étage turonien*.

---

(1) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 365.
(2) Voy. d'Archiac, *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 211.
(3) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., vol. VII, p. 805.

D'Orbigny, en prenant pour type de son étage cénomanien les dépôts des environs du Mans, ne s'est pas aperçu de la différence tranchée entre les fossiles de la partie supérieure et de l'inférieure des sables de Sainte-Croix. En les considérant comme un ensemble homogène, il a été obligé de couper en deux la craie de Touraine et celle du sud-ouest pour les placer dans ses étages cénomanien et turonien. Il aurait été difficile d'établir ce partage d'une manière satisfaisante sans cette méthode mixte qui a recours à l'horizon de certains fossiles quand les caractères stratigraphiques manquent. Il y a cependant entre le niveau d'un fossile et un étage toute la différence qui existe entre un point de repère et une ligne de démarcation.

M. d'Archiac (1) a tracé la limite entre son troisième et son quatrième étage, aussi nettement que cela est possible, dans une série de couches qui se sont déposées sans interruption, et tout à fait conforme à la division que je propose.

Avant d'exposer le résultat de l'étude des fossiles, il sera utile de dire quelques mots sur les circonstances pétrographiques et stratigraphiques qui viennent à son appui.

La variation des caractères minéralogiques est très grande dans ces assises crétacées. La couche inférieure présente assez généralement l'aspect d'une marne verte, sableuse, une véritable glauconie. Un dépôt qui paraît s'en éloigner par sa composition est celui de Montgaudry (Orne), où les grains verts sont en grande partie remplacés par un ciment calcaire qui forme avec la partie argileuse une roche terne, blanchâtre et tendre, qui le ferait prendre pour une variété de la craie tuffeau, n'était son caractère paléontologique parfaitement tranché. Cette roche est formée à une plus grande distance de la côte, où le précipité de nature calcaire n'était pas noyé dans une grande épaisseur de sédiment de trituration.

La preuve stratigraphique à opposer au résultat des observations de M. d'Archiac, savoir si la glauconie est ou n'est pas une modification latérale du grès ferrugineux, est de la compétence de M. Triger; j'ai déjà dit que je conclus sans hésitation à la négative.

Le caractère minéralogique de l'assise moyenne est assez généralement celui d'un grès ferrugineux. On aurait tort d'attacher une grande importance à la présence du fer dans les dépôts sédimentaires ; son origine est très souvent postérieure à la formation de la roche, et il n'est nullement étonnant de voir dans cette partie

(1) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 356.

de la Sarthe les infiltrations ferrugineuses suivre le tracé de la roche la plus perméable.

L'observation cependant, que les fossiles du *roussard* de Beaumont sont ceux de l'assise moyenne, m'a frappé comme coïncidence remarquable avec l'apparence ferrugineuse des sables du Mans et de Coulaines. La position stratigraphique de l'assise moyenne, au-dessus des sables verts à Sainte-Croix, a été reconnue par tous les observateurs.

L'assise supérieure présente à sa base du sable qui est probablement le résultat du remaniement des sables moyens. Bientôt des grains verts font leur apparition ; ils se mêlent au sédiment calcaire qui remplace peu à peu les grains quartzeux, et la roche passe ainsi à la vraie craie tuffeau.

Cette dernière est une roche calcaire, en apparence assez pure ; aussi n'est-ce pas sans surprise que j'ai constaté, sur un fragment d'*Ammonites peramplus* des carrières de Bouré près Montrichard, la présence de 50 pour 100 d'une substance blanche, terreuse, légèrement micacée, qui ressemble à du kaolin impur.

Il conviendra, pour présenter les caractères paléontologiques des trois étages, de les examiner comparativement, et de rechercher ensuite les liens qui les rattachent à la craie de Touraine et à celle du Midi.

La glauconie, l'assise inférieure, était représentée dans la collection Desportes par cinq localités: Ballon, Cherré, Saint-Maixent, Villaine-la-Gonais et Montgaudry (cette dernière dans le département de l'Orne).

Il serait inutile de donner de longues listes de fossiles, dont la détermination resterait plus ou moins douteuse ; il suffit d'indiquer ceux dont l'identification, à l'aide des bonnes figures de la *Paléontologie française*, ne laisse pas de doute.

A Ballon : *Ammonites varians* et *Couloni*, *Turrilites tuberculatus*, *Arca carinata*, *Cardium hillanum* (très grands et nombreux), et un moule de Trigonie qui paraît appartenir au *T. sulcataria*.

A Cherré : *Avellana cassis*, *Rostellaria Parkinsoni*, *Panopæa mandibula*, *Arca carinata*, *Lima rothomagensis*, *Pecten asper* et *orbicularis*, *Janira quinquecostata*, *Ostrea Raulinlana*, *Lesueurii*, *lateralis*, *haliotidea*, *diluviana*, *Rhynchonella Grasiana*, *Chætetes ramulosus* (déformé).

A Saint-Maixent : *Ammonites varians*, *Cyprina rostrata*, Sow. (dans Fitton), *Cyprina ligeriensis*, *Trigonia spinosa*, *Arca carinata*, *Janira quinquecostata*.

A VILLAINE-LA-GONAIS : *Ammonites falcatus*, *Anomia papyracea*, *Rhynchonella Grasiana*.

A MONTGAUDRY (Orne) : *Ammonites Geslinianus* et *laticosta*, de gros Pleurotomaires, *Corbis rotundata*, *Cardium hillanum*, *Trigonia spinosa*, *Lima rothomagensis*, *Pecten asper*, *Ostrea carinata* et *columba*, *Rhynchonella dichotoma*.

Les espèces les plus répandues citées par M. Fitton dans le grès vert supérieur, le *fire-stone* ou *whet-stone* de l'Angleterre méridionale, sont les suivantes : *Ammonites falcatus*, *varians*, *Catillus*, *Mantellii* (*Couloni*, d'Orb.?), *Cardium hillanum*, *Trigonia aliformis*, *Arca carinata*, *Gryphæa columba* et *vesiculosa*, *Pecten asper*, *orbicularis*, *Beaveri*, *quinquecostatus* et *quadricostatus* (évidemment le *Pecten æquicostatus*, Lamk.), *Plicatula inflata*, *Exogyra conica* et *Terebratula pectita*. (Il est à remarquer que d'Orbigny (1) est très explicite en indiquant comme gisement de cette dernière espèce les parties inférieures de l'étage cénomanien au cap de la Hève et au Havre ; il est vrai cependant qu'il est impossible de voir sur les figures de la *Paléontologie française* les caractères indiqués dans le texte comme distinguant cette espèce de la *Terebratella carantonensis*. Nous appliquerons néanmoins ce dernier nom à l'espèce de l'étage turonien pour maintenir les listes autant que possible conformes à ce grand ouvrage.)

Parmi les espèces de la Sarthe, il y en a une qui est l'analogue d'une espèce du gault, l'*Ostrea Rauliniana*; d'autres sont caractéristiques pour l'étage: les céphalopodes, à l'exception de l'*Ammonites varians* qui se montre rarement dans l'étage suivant ; *Arca carinata*, *Trigonia spinosa* (à moins que le *T. pyrrha*, d'Orb., n'en soit qu'une variété), *Pecten asper*, *Ostrea Lesueurii*, *Rhynchonella Grasiana* et *dichotoma*.

Le nombre des espèces passant à l'étage moyen est considérable ; il ne faudrait cependant pas en conclure que les rapports entre les deux étages sont pour cela plus intimes. Le fait est que les espèces de l'étage moyen sont de beaucoup les mieux connues ; les espèces identiques dès lors sautent pour ainsi dire aux yeux, tandis que la *Paléontologie française* ne contient presque pas de description d'espèces appartenant à l'assise inférieure qui n'est guère représentée en France par de bonnes localités.

Il se pourrait fort bien que la même raison servît à expliquer à Blackdown les quelques espèces du gault qui viennent

(1) *Paléontologie française*, *Terrain crétacé*, vol. IV, p. 121.

s'y mêler aux fossiles du grès vert supérieur. Cette localité, exploitée depuis si longtemps, peut être considérée comme à peu près épuisée sous le rapport du nombre des espèces qu'elle contient. En admettant comme exactes les déterminations de M. Sowerby, on ne verrait rien de plus à Blackdown que ce qui a été constaté ailleurs et admis par d'Orbigny même : le passage de quelques espèces du gault dans le grès vert supérieur.

Les espèces communes aux étages inférieur et moyen sont : *Ammonites varians*, *Panopæa mandibula*, *Cardium hillanum*, *Cyprina ligeriensis* (*Trigonia spinosa?*), *Janira quinquecostata*, *Ostrea carinata*, *columba*, *haliotidea*, *lateralis* et *diluviana*.

Roussard. Les espèces suivantes ont pu être déterminées avec exactitude dans le grès ferrugineux à grains fins de Beaumont, sur la route de Ségrie : *Emarginula Guerangeri*, *Cardium hillanum*, *Trigonia crenulata* et *dædalea*, *Pectunculus subconcentricus*, *Avicula anomala*, *Janira æquicostata* et *quinquecostata*.

Le grès ferrugineux ou l'étage moyen a fourni un très grand nombre de fossiles, et il est difficile d'en choisir qui le caractérisent d'une manière positive. Il convient d'écarter surtout toutes les petites espèces dont l'identification à l'état de moule dans les couches marneuses voisines resterait douteuse. En choisissant des espèces suffisamment reconnaissables, on pourrait dire que les suivantes ne se sont pas rencontrées dans les assises inférieure et supérieure.

Ammonites rothomagensis, *Scaphites æqualis*, *Pholadomya Mailleana*, *Trigonia crenulata*, *dædalea*, *sinuata*, *Arca Galliennei*, *Guerangeri*, *Myoconcha angulata*, *Perna lanceolata*, *Avicula anomala*, *Lima rapa*, *abrupta*, *Pecten acuminatus*, *Pygurus trilobus*, *Holaster cenomanensis*.

Les espèces les plus remarquables qui passent dans l'assise supérieure sont les suivantes :

Nautilus triangularis, *Panopæa regularis*, *Cyprina ligeriensis*, *Arcopagia numismalis*, *Cardium productum*, *Guerangeri*, *Arca tailburgensis*, *Lima simplex*, *Ostrea columba*.

La nature des preuves en paléontologie est si complexe que l'énumération de quelques espèces, telle que je viens de la donner, ne permet guère d'apprécier la différence considérable qui existe entre les étages. Le caractère différentiel ne réside pas moins dans le nombre des individus que dans la représentation des espèces. Ainsi, dans les étages inférieur et moyen, nous avons vu un certain nombre d'espèces identiques dont la distribution est cependant très différente ; l'*Ammonites varians*, le *Cardium hilla-*

num sont abondants dans la partie inférieure et rares dans l'autre; l'*Ostrea diluviana* et le *Cyprina ligeriensis* au contraire, abondent dans le grès ferrugineux et sont très rares dans la glauconie. On pourrait encore croire que des circonstances purement locales ont pu amener un développement considérable de certaines espèces et restreindre celui des autres. A cela je répondrai que l'analogie des faunes dans des localités très éloignées est une preuve supplémentaire d'un grand poids pour leur caractère normal.

Or il est certain qu'à la première visite de Lamnay en 1847, je fus frappé de la ressemblance extraordinaire que présente la faune de la glauconie avec celle de Blackdown, et la liste que j'ai donnée des espèces découvertes par Fitton dans le grès vert supérieur justifie pleinement ce rapprochement conçu à première vue.

La distribution verticale d'un genre ou d'un groupe qu'on peut supposer avoir vécu à peu près dans les mêmes conditions d'existence donne un moyen parfaitement sûr pour apprécier les changements survenus dans la distribution des espèces. Choisissons pour notre but les céphalopodes, les ostracées et les brachiopodes.

Les céphalopodes, mais surtout les Ammonites, se maintiennent au premier rang des fossiles caractéristiques. L'*Ammonites varians* paraît en effet se rencontrer dans l'assise moyenne, mais il y est très rare, et le gisement de cette espèce à Rouen, où l'on admet généralement sa contemporanéité avec l'*A. rothomagensis*, est certainement une exception. L'*A. varians* se trouve à Essen, dans le tourtia de Belgique et dans le grès vert supérieur de l'Angleterre comme dans la Sarthe, SANS *A. rothomagensis*, et partout nous le trouvons associé aux espèces qui passent du gault dans la craie chloritée; à Blackdown, avec *Ammonites auritus*, *lautus*, *denarius*, *dentatus* et *splendens*, cinq espèces qui n'en font peut-être que trois. Il est à remarquer d'ailleurs que la liste des fossiles de Blackdown, donnée par M. Fitton (1), est faite d'après toutes les espèces dispersées dans plusieurs collections, et provenant non-seulement des collines de Blackdown proprement dites, mais de tout l'espace compris entre ces collines et Lyme Regis, distant d'environ huit lieues.

A Lisèles, près Valgons (Basses-Alpes), l'*Ammonites varians* se trouve avec *A. Mayorianus* et *latidorsatus*. Dans la Sarthe, à

(1) W. H. Fitton, *Observations sur quelques-unes des assises entre la craie et l'oolithe oxfordienne*, dans les *Transactions of the geol. Society of London*, vol. IV, p. 239 (1836).

Ballon, Villaine-la-Gonais, Saint-Maixent, avec *A. falcatus*, espèce qui rappelle tout à fait certains types du gault que nous venons de trouver à Blackdown (*A. lautus* et *tuberculatus*). D'Orbigny cite l'*A. varians* au Havre ; j'ignore s'il s'y trouve dans la couche à *A. inflatus*.

Turrilites tuberculatus est aussi spécial à la glauconie que *T. costatus* au grès ferrugineux.

Les autres espèces de l'assise inférieure sont les suivantes : *Ammonites Couloni* (Ballon), *A. Vibrayeanus* (à Vibraye), *A. Geslinianus* (à Montgaudry), avec une autre espèce qui passe souvent pour l'*A. Mantellii*, et dans laquelle M. Bayle a reconnu l'*A. laxicosta*, de Lamarck ; c'est probablement l'*A. Wieistii*, Sharpe.

L'étage moyen est caractérisé par le *Turrilites costatus*, le *Scaphites æqualis* et l'*Ammonites rothomagensis*. Ce dernier, dont les beaux types présentent des tours carrés et à peine embrassants, est accompagné d'une variété à dos rond que d'Orbigny, dans son *Prodrome*, a rapporté à l'*A. navicularis* de Mantell et de Sowerby. L'espèce que Desportes avait l'habitude de montrer comme type de l'*A. cenomanensis*, d'Archiac, ainsi que l'échantillon conservé sous ce nom dans la collection de d'Orbigny, et qui a servi pour la phrase descriptive du *Prodrome*, proviennent tous les deux des grès ferrugineux du Mans ; et je suis encore convaincu que ce sont tout au plus des variétés de l'*A. rothomagensis*, si ce ne sont pas les vrais types de cette espèce arrivée à son plus parfait développement.

Cette question de l'*Ammonites cenomanensis* s'embrouille de nouveau par la réclamation de M. d'Archiac (1) qui croit le reconnaître dans la *Paléontologie française*, pl. 108, fig. 1-3, rapportée d'abord par d'Orbigny à l'*A. Woolgari*, Mantell, et changée ensuite en *A. Vieilbanci*.

Cette espèce, d'après la nouvelle définition de d'Orbigny, ne se trouve point au Mans, mais elle est assez répandue dans la partie inférieure de la craie de Touraine et de la Charente ; aussi est-elle transportée dans l'étage turonien du *Prodrome*.

Les échantillons de l'*Ammonites Vieilbanci*, dans la collection de d'Orbigny, appartiennent évidemment à un type différent de ceux du grès vert moyen. Tous les exemplaires présentent une carène assez fortement marquée qui ne se voit point sur la figure de la *Paléontologie française*, et qui rapproche l'espèce très sensi-

(1) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 347.

blement des *Ammonites papalis*, *Fleuriausianus* et *polyopsis*. Les jeunes (de 5 à 6 centimètres de diamètre) ont le pourtour anguleux en dos d'âne.

Il m'a été impossible de reconnaître l'échantillon d'après lequel la figure a été faite; mais il paraît certain que la prétention de M. d'Archiac n'est pas fondée, ou il faudrait convenir tout d'abord que l'*Ammonites cenomanensis* ne se trouve pas au Mans. Les exemplaires de la craie micacée de Touraine se reconnaîtront toujours en les comparant avec la figure 1 de la planche 108 (*Paléont. franç.*).

Nous avons déjà vu que le *Nautilus triangularis* passe de l'étage moyen dans le supérieur. Ce dernier a en outre fourni quelques fragments de *Baculites* et de *Hamites*.

Une seule espèce d'Ammonite, assez commune d'ailleurs, s'est trouvée dans les marnes vertes de Sainte-Croix. Les jeunes individus sont tuberculés à la manière de l'*Ammonites rothomagensis*; les adultes ressemblent parfaitement à la grosse espèce des sables de Saint-Calais, ce qui fera probablement rentrer au moins une partie de ces sables avec ceux de Nogent-le-Rotrou dans l'étage des marnes à ostracées. Je crois que c'est l'espèce figurée (*Paléont. franç.*, pl. 103) sous le nom d'*A. Mantellii*. Ce dernier vient de la craie micacée de Saumur, et, à en croire les figures de M. Sharpe, n'est probablement pas l'*A. Mantellii* de Sowerby, mais plutôt l'*A. navicularis*.

Nous concluons des observations qui précèdent que les céphalopodes sont éminemment propres à distinguer nos trois étages qu'on pourrait assez exactement désigner sous les noms de couches à *Ammonites varians*, *rothomagensis* et *Mantellii*, d'Orbigny.

Ce fait est d'autant plus remarquable que les Huîtres ont une distribution beaucoup moins tranchée. On devait supposer le contraire, parce qu'étant fixées au sol, il ne leur reste aucun moyen de se soustraire aux dangers dont les changements du niveau des côtes et des courants marins les menacent.

La glauconie est souvent riche en petites Huîtres qu'on désigne communément sous le nom d'*Ostrea columba*, var. *minima*. Il n'est cependant pas prouvé que toutes ces petites coquilles appartiennent à la même espèce. La plupart ont plus de rapport avec l'*O. conica*, et je suis assez disposé d'admettre l'*O. plicatula*, Lam. (Goldfuss), comme troisième espèce.

Une Gryphée d'une belle taille, la vraie *Gryphæa vesiculosa*, Sow., se trouve à Montgaudry, et la même, plus petite, à Villaine-la-Gonais. L'*Ostrea Rauliniana* et l'*O. Lesueurii* se sont

trouvées à Cherré, d'où vient également un échantillon unique de l'*O. diluviana* (plus abondante à Essen).

L'*Ostrea lateralis* commence à se montrer dans la glauconie, et elle remonte de là jusque dans la craie blanche, à Ciply et en New-Jersey (1). L'*O. carinata* commence également ici pour arriver dans la couche moyenne à son plus grand développement numérique.

L'étage moyen est la station de l'*Ostrea diluviana* qui y est commune, de l'*O. lingularis*, Lam., d'une espèce voisine des *O. acuminata* ou *curvirostris*, de l'*O. haliotidea* et de quelques autres petites espèces.

La collection Desportes ne donne aucun exemple de la Gryphée colombe dans l'étage moyen. En rapprochant ce fait de l'absence absolue de cette coquille dans le grès vert d'Essen, dans le tourtia et dans les couches de Rouen, on pourrait se demander si l'espèce existe réellement dans ces régions inférieures. Fitton, dans les nombreuses listes qu'il donne des gisements du grès vert, en cite un seul exemple à Petersfield (Hampshire). La détermination en a été faite par madame Murchison, d'après un échantillon de sa collection, et il ne paraît pas que MM. Fitton et Sowerby en ont eu autrement connaissance. Le catalogue de Morris ne reproduit pas cette citation, et en examinant la carte de Fitton, on voit qu'à Petersfield une bande de grès vert est tracée entre le gault et la teinte jaune de la craie, ce qui rendrait une méprise sur le gisement au moins possible. M. d'Archiac a déjà signalé (2) le singulier mélange des fossiles de Petersfield, dont il soupçonne peut-être l'exactitude.

Il y a si longtemps que l'on considère comme certaine l'existence de la Gryphée colombe dans toutes les couches entre le gault et la craie, qu'il n'est guère permis de révoquer en doute le témoignage de tant d'observateurs; mais il est important de signaler au moins la contradiction entre une opinion généralement reçue et le témoignage des auteurs spéciaux. Le catalogue de M. Guéranger indique, comme gisement du type de l'espèce et de la variété *globosa*, le Mans et Sainte-Croix. A Yvré-l'Évêque, ce n'est plus que l'*Ostrea columba minima*, et il n'est point fait mention de Coulaines. L'existence exclusive de l'*O. columba* dans l'étage supérieur du

---

(1) Voy. F. Roemer, *Monographie des terrains crétacés de Westphalie*, p. 72 (1854).

(2) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 46.

Mans (la craie tuffeau de Touraine) serait un fait d'une importance capitale pour le classement définitif de cet étage.

Les marnes à ostracées sont l'étage le moins riche en espèces, mais les individus y sont plus abondants que dans les deux autres. Nous y trouvons les *Ostrea columba*, *biauriculata*, *flabellata*, et l'espèce désignée à tort par M. Guéranger sous le nom d'*O. vesiculosa*, Sow.

Il est sans importance pour ce travail si cette espèce est ou n'est pas l'*Ostrea vesicularis* de la craie blanche ; je ne puis cependant pas m'empêcher de mettre sous les yeux de la Société deux échantillons, l'un de Parigné-le-Paulin, l'autre de Meudon, et dont on ne saurait nier la parfaite identité.

La forme générale renflée, le pli latéral des Gryphées, la forme et l'écartement des facettes ligamentaires, les stries rayonnantes, fines et espacées de la valve supérieure, la dentelure du bord cardinal et la disposition des petites impressions musculaires, enfin tout ce qui dans le détail d'une coquille est susceptible d'une description, s'y retrouve, excepté la taille qui est beaucoup plus forte pour l'exemplaire de Meudon. Les deux échantillons sont déposés dans la collection de l'École des mines.

Malgré le passage de plusieurs espèces que nous avons signalées, il en reste encore et des mieux caractérisées (*Ostrea biauriculata*, *flabellata*, *lingularis* et *Lesueurii*) qui occupent un niveau constant.

Les *brachiopodes*. Cette famille n'a que de rares représentants dans la glauconie inférieure, mais le *Rhynchonella Grasiana* paraît être éminemment caractéristique de cet étage. Elle se trouve au Havre, dans des couches inférieures, avec *R. dichotoma*, d'Orb., que je crois également reconnaître dans la Sarthe. Rœmer la donne d'Essen sous le nom de *Terebratula nucifórmis*, et je pense que la *T. Desnoyersi*, d'Archiac, du tourtia, est encore la même. A Montgaudry, elle est accompagnée d'une Térébratule qui pourrait bien être la *T. biplicata*, d'Orbigny.

L'étage moyen est riche en brachiopodes, et ses espèces sont faciles à reconnaître : *Rhynchonella Lamarckii* et *compressa*, *Terebratula biplicata* et *lima*, *Terebratella Menardi*, *Crania cenomanensis* et *Thecida rugosa* sont propres à l'étage.

Les géologues du Mans désignent sous le nom de *Rhynchonella alata* une espèce dont les analogues se trouvent abondamment avec le *R. vespertilio* dans la craie supérieure de Touraine. Des indications précises sur son gisement au Mans me manquent.

La *Terebratella carantonensis* que M. Triger, sous le nom de *T. pectita*, considère comme un fossile caractéristique de la craie

micacée de Touraine, se trouve incontestablement à Sainte-Croix ; trois exemplaires de la collection Desportes portent le nom de cette localité, et M. Guéranger la cite du Mans, de Saint-Aubin et même de Coulaines.

J'ai considéré un instant l'existence de cette espèce comme un argument en faveur de la réunion proposée des sables supérieurs du Mans avec la craie micacée de Touraine. Ce que j'ai dit plus haut sur la difficulté de distinguer les *Terebratella pectita* et *carantonensis* rend très probable l'exactitude de l'observation de M. Guéranger qui l'a trouvée à Coulaines dans l'assise moyenne.

Les brachiopodes de l'étage supérieur sont peu nombreux. M. d'Archiac cite le *Rhynchonella compressa*. Je n'ai que quelques échantillons de cette espèce de Saint-Georges-du-Plain qui ont la couleur blanche de la craie tuffeau.

Terebratella carantonensis, *Terebratula phaseolina* et *Rhynchonella alata* des géologues du Mans (qu'il sera bien difficile de séparer de certains échantillons de Villedieu) sont les espèces constantes de la craie tuffeau inférieure; *Terebratella Bourgeoisi* et *Rhynchonella Cuvieri* appartiennent déjà à la partie supérieure de l'étage turonien, et ne se trouvent pas dans la zone qui nous occupe aux environs du Mans.

Je termine ici l'exposition des détails sur les fossiles qui sert à l'appui de la division en trois étages distincts du terrain crétacé de la Sarthe. Il me reste à discuter les arguments qui militent en faveur de la réunion des marnes à ostracées et du grès vert à *Globiconcha* avec la craie de Touraine, et l'opportunité de placer au-dessus du Jalais la limite supérieure de l'étage cénomanien.

Il résulte clairement de tout ce qui précède qu'en adoptant les noms *cénomanien* et *turonien*, nous sommes loin d'entendre par là des étages parfaitement circonscrits, comme d'Orbigny les imaginait.

La raison principale de placer le commencement de l'étage turonien sous les sables à stratification inclinée de Sainte-Croix nous est fournie par la circonstance, que ce point paraît être celui où commence le dépôt des terrains crétacés dans le sud-ouest et dans la Touraine.

A Angoulême, une couche de sable sans fossiles sert de base aux bancs à *Caprina adversa* et à *Ostrea columba;* au Mans, les petites Caprines commencent à se montrer au dessous des mêmes Huîtres et avec elles. *Terebratella carantonensis* et *Ammonites Mantellii*, d'Orb., se montrent à Angoulême aussitôt que les

bancs de Caprines et d'Huîtres font place à une marne calcaire verdâtre.

Jusqu'à présent rien ne prouve que la craie de Saumur ait commencé à se déposer plus tôt que celle du sud-ouest ; l'examen des listes de fossiles données par M. d'Archiac (1) n'autorise en aucune manière à supposer à ces assises l'âge des couches à *Ammonites rothomagensis*, et la grande accumulation de sable traversé par les forages artésiens n'a rien d'étonnant, si l'on tient compte des dépôts analogues qu'on connaît au même niveau dans les départements d'Eure-et-Loir, de la Sarthe et de la Charente ; c'est au contraire un trait de ressemblance de plus.

L'envahissement par la mer crétacée d'une si grande étendue de terrain resté à sec depuis l'émersion des derniers dépôts jurassiques est certainement un événement important en géologie, et doit être pris en sérieuse considération quand il s'agit de poser les limites des époques géologiques.

L'apparition d'innombrables rudistes date de la même époque, et les espèces sont dès le début les mêmes, bien que leur distribution numérique soit des plus disparates.

Dans la Sarthe, nous voyons également une invasion nouvelle des mers ; la mer gagne en profondeur, et dépose sur les couches littorales des sédiments chimiques qui témoignent du plus grand éloignement de la côte. Les bancs à *Ostrea biauriculata*, *flabellata*, etc., étaient déjà en pleine vie, que la mer remuait encore les sables sur la côte de Saint-Calais, à 50 kilomètres à l'est du Mans ; mais tout cela ne serait pas concluant, si les caractères paléontologiques ne venaient pas à l'appui de cette assertion. Pour bien nous rendre compte des preuves à tirer des fossiles, il était indispensable de réunir les espèces de la partie supérieure des carrières de Sainte-Croix, au-dessus du Jalais.

En cherchant ensuite où ces espèces avaient été signalées ailleurs que dans la Sarthe, notamment en Touraine et dans le midi de la France, il devait être facile de se rendre compte des affinités paléontologiques.

Voici le résultat des recherches faites dans cette direction :

Il a déjà été dit, et il est bon d'y insister de nouveau, que, même dans les grès ferrugineux, les espèces de la craie tuffeau de Touraine et du sud-ouest ne manquent pas tout à fait.

Le *Cardium productum* de Coulaines et du Mans ne se distingue

(1) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 345.

en rien de celui de la craie micacée de Saumur. L'*Arcopagia numismalis* est commune dans cette dernière, et il est impossible de trouver sur la figure de la *Paléontologie* aucun caractère qui permette d'en distinguer l'analogue du grès ferrugineux.

La Trigonie de Saumur est considérée comme appartenant au *T. scabra* d'Uchaux ; il me semble cependant que ce rapprochement n'a pas encore été prouvé d'une manière irréfutable.

Un bel exemplaire d'une grande Arche, actuellement dans la collection de l'École des mines, et qui provient également des sables moyens, est de tout point identique avec la figure de l'*A. tailburgensis* de la *Paléontologie française*.

Cerithium Renauxianum et *Chemnitzia Pailleteana*, décrits par d'Orbigny, le premier, des lignites de Montdragon, l'autre, de Soulage (Aude), se sont rencontrés dans le grès moyen du clos du Luard. *Pyramidella canaliculata*, d'Uchaux, s'est trouvé à Yvré-l'Évêque. *Cyprina ligeriensis*, si commun dans les sables du Mans, n'est pas l'espèce abondante dans la craie de Touraine (*C. Noueliana*, d'Orb., *Prodr.*), mais il se trouve dans cette dernière un moule assez rare d'une autre espèce qui se rapproche éminemment de la coquille du Mans.

Il est évident que ces analogies ne prouvent pas plus la contemporanéité des dépôts qui les présentent que les espèces identiques de la glauconie et du grès ferrugineux ne peuvent infirmer la différence évidente de l'âge de ces deux étages. Le nombre et l'importance des espèces citées est néanmoins une bonne preuve indirecte que les couches de Touraine et du Midi doivent être assez rapprochées du grès du Mans, surtout si l'on tient compte des grandes distances qui en séparent les gisements. Placer les marnes à ostracées comme étage distinct entre le grès ferrugineux et la craie de Touraine, ce serait créer une barrière beaucoup trop forte entre leurs faunes respectives. Nous trouvons d'ailleurs dans les travaux de M. d'Archiac (1) d'excellentes observations qui prouvent une espèce d'enchevêtrement de son 3e et de son 4e étage du sud-ouest.

Tout en admettant comme étages distincts les marnes à ostracées et le calcaire à Caprinelles, l'auteur cite l'extrémité orientale de l'île Madame, où il a trouvé le calcaire à Caprinelles (le 4e étage) entre deux bancs d'*Ostrea columba* et *biauriculata* (3e étage). A Angoulême, les *O. columba* se trouvent également avec les *Caprina adversa* et dessous, et les deux étages ainsi confondus ensemble

(1) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 435.

sont recouverts par les marnes à *Terebratella carantonensis*. Les petites Caprines du Mans occupent la même place au-dessous et au-dessus des *Ostrea biauriculata* et *columba*, et il paraît même qu'en Bohême les rudistes se rencontrent tantôt au-dessus et tantôt au-dessous d'un banc à *O. columba*.

Tous ces faits devaient suffire pour prouver que les Huîtres et les grands rudistes appartiennent bien au même étage, et que les Huîtres ne font que céder la place forcément et pour quelque temps aux Caprines et aux Caprinelles qui les étouffent par leur développement rapide et leurs dimensions gigantesques.

Un fait bien plus curieux est l'apparition (1), à la pointe de Fouras et à l'île d'Aix, d'une couche signalée par M. d'Archiac sous le nom de banc calcaire à échinodermes, et qui paraît renfermer quelques espèces de la partie tout à fait supérieure des grès moyens du Mans, c'est-à-dire *Pygurus oviformis*, d'Orb., *Terebratella Menardi*, *Trigonia sinuata*, *Venus rothomagensis* et quelques polypiers.

Il n'est pas probable que ce banc, tout à fait isolé à l'extrémité du bassin, se prolonge beaucoup au fond de la mer, parce qu'on ne voit guère de quel côté il aurait pu communiquer avec le bassin de la Seine, dont les couches cénomaniennes du Mans font incontestablement partie. Il paraît plus probable que l'affaissement de toute la contrée, depuis la Sarthe jusqu'à la Charente, a fait naître du nord au sud un courant marin qui a transporté les germes de quelques espèces cénomaniennes dans le bassin du sud-ouest, espèces qui, pour la plupart, ont promptement succombé sous l'envahissement des grands rudistes venus probablement des côtes de l'Espagne et du Portugal.

Dans l'énumération des fossiles de l'étage supérieur, nous mettrons en regard du nom de chaque espèce les localités en dehors du département de la Sarthe où d'Orbigny affirme les avoir rencontrées.

Il est bon de remarquer que la nature de la roche, qui est marneuse et chloriteuse, ne laisse aucun doute sur l'assise dont proviennent les fossiles, surtout en y ajoutant le renseignement fourni par l'étiquette.

Voici d'abord la liste de tous ceux qui ont pu être déterminés d'après les figures de la *Paléontologie française :*

Ammonites Mantellii, d'Orb., *Nautilus triangularis*, *Nerinea monilifera*, *Globiconcha rotundata*, *Natica canaliculata* (Sow. dans

(1) *Hist. des progr. de la géol.*, vol. IV, p. 443 et suivantes.

Fitton), *N. difficilis*, *N. Requieniana*, *Fusus Renauxianus*, *Voluta Guerangeri*, *V. Delahayesi*, *Pterodonta inflata*, *Strombus inornatus*, *Rostellaria pauperata* et *inornata* (ces deux espèces avec quelque doute, à cause de leur conservation imparfaite), *Cerithium Guerangeri*, *Pholadomya ligeriensis*, *Lucina Nereis*, *Cardium Guerangeri*, *Arca ligeriensis*, *Pinna decussata*, *Mytilus ligeriensis*, *Gervillia aviculoides*, *Ostrea flabellata*, *O. biauriculata*, *vesicularis*, *columba*, *lateralis*, *Terebratula phaseolina* et *Terebratella carantonensis*, en tout 29 espèces.

Sur ce nombre, il y en a 6 qui n'ont point été rencontrées ailleurs que dans la Sarthe ; ce sont les *Globiconcha rotundata*, *Voluta Guerangeri*, *Cerithium Guerangeri*, *Lucina Nereis*, *Arca ligeriensis* et *Gervillia aviculoides*. Toutes les autres ont été trouvées dans d'autres localités, et voici quelle est leur distribution géographique d'après le *Prodrome* de d'Orbigny et quelques observations particulières :

Nautilus triangularis. — A Rouen, au Havre, à la Malle (Var), à Cassis, à Fouras, et au port des Barques.

A. Mantellii, d'Orb., *Pal. Franç.*, pl. 103. — Il est probable que cette espèce, très répandue dans le terrain crétacé de l'Europe, y passe généralement sous le nom d'*A. Mantellii*, et nous aurons sous peu l'occasion d'examiner l'échantillon de Saumur, figuré sous ce même nom par d'Orbigny.

Nerinea monilifera. — A l'île Madame, l'île d'Aix, Nancras, Cognac, etc. ; avec *Caprina adversa* ; à Soulage (Aude), et à Tourtenay (Deux-Sèvres).

Natica canaliculata, Sow., dans Fitton. — A Blackdown, et commun dans le terrain crétacé de la Bohême, à plusieurs niveaux.

Natica difficilis. — Un moule en tout semblable à celui, planche 174, figure 4, de la *Paléontologie française*, qui provient de l'île Madame.

Natica Requieniana. — Uchaux, Soulage.

Fusus Renauxianus. — Uchaux.

Voluta Delahayesi. — Craie tuffeau de Saint-Christophe (Indre-et-Loire).

Pterodonta inflata. — Uchaux, Éoux et Robion, La Malle (Var), îles d'Aix et Madame, La Flèche, Périgueux, Saumur, Tourtenay.

Strombus inornatus. — Ile d'Aix, Fouras, Cognac, Saumur, Tourtenay, Escragnolles, La Malle ; (aussi à Saint-Calais).

Rostellaria inornata. — Rouen.

Rostellaria pauperata. — Uchaux.

Pholadomya ligeriensis. — Saumur, Soulage, (Cognac).

Cardium Guerangeri. — Ile Madame.

Pinna decussata, Goldf. — Dans le quadersandstein de l'Allemagne du Nord.
Mytilus ligeriensis. — Saumur, île Madame, Montagnac (Dordogne).
Ostrea flabella. — Ile d'Aix, Charras, Mareuil, Nontron (Dordogne).
Ostrea biauriculata. — Angoulême.
O. columba, *lateralis* et *vesicularis*. — Partout.
Terebratula phaseolina. — Touraine ?
Terebratella carantonensis. — Touraine, Angoulême.

Il résulte de ces tableaux que le rapprochement des faunes de la craie de Touraine et du sud-ouest commence à se dessiner dès le dépôt des sables ferrugineux à *Ammonites rothomagensis*, et qu'avec les couches subordonnées aux marnes à ostracées ce rapprochement devient une identité aussi complète qu'on peut l'attendre, si l'on tient compte de la distance des gisements, de la séparation des bassins et de la différence des influences locales.

On ne doit pas attacher une grande importance aux coïncidences avec les couches de Provence où la partie inférieure de la craie, l'étage cénomanien, est depuis longtemps constatée; mais les espèces du Mans, identiques en si forte proportion avec celles de la craie de Touraine, des bancs à *Caprina adversa* du sud-ouest et des sables d'Uchaux, prouvent d'une manière incontestable que les faunes de ces localités doivent appartenir à la même époque.

Il paraît dès lors parfaitement justifié de rattacher la partie supérieure des sables du Mans et de Sainte-Croix à la craie tuffeau, et de leur conserver le nom commun d'étage turonien dont la limite supérieure est suffisamment marquée par la craie dure de Villedieu. La subdivision de cet étage en turonien supérieur et inférieur ressort ensuite pleinement des beaux travaux de M. Bayle, et, quant au cénomanien, on peut le diviser de la même manière, en appelant étage cénomanien inférieur les couches à *Ammonites varians*, représentées par les belles localités de Blackdown, de Tournay et Montignies-sur-Roc, d'Essen, et par la glauconie de la Sarthe et de la Normandie.

Le cénomanien supérieur comprendrait le grès ferrugineux à *Ammonites rothomagensis*, *Scaphites æqualis*, etc.

Dans les longues recherches que la classification de la craie de Touraine a nécessitées, il n'y a certes rien de plus digne d'intérêt que les efforts de M. d'Archiac pour arriver à établir le parallélisme entre le terrain crétacé du bassin de la Seine et celui de la Loire. Il paraît évident aujourd'hui que l'insuccès de ces tentatives repose uniquement sur l'adoption d'un faux point de départ.

En considérant l'upper-green-sand de Blackdown comme un

dépôt mixte et la faune qu'il renferme comme un mélange des espèces de trois étages distincts, il devient impossible d'en faire une application comparative quelconque. Il fallait avoir recours aux divisions adoptées pour le bassin de la Seine, où la montagne Sainte-Catherine passait pour un des plus beaux types d'un étage nettement défini. On ne peut plus douter aujourd'hui que les fossiles de Rouen, tels qu'on les voit dans toutes les collections, ne soient un mélange de ceux du grès vert supérieur et de la craie grise à *Ammonites rothomagensis*.

La nature de la roche est généralement suffisante pour distinguer trois couches différentes dans la seule partie inférieure. Un calcaire marneux, jaunâtre et tendre, est la gangue de l'*Ammonites rothomagensis*, des *Scaphites* et du *Turrilites costatus*; un calcaire dur et cristallin empâte les *Plicatula inflata*, les *Inoceramus latus* et les *Exogyra conica*; enfin une roche verte et tendre renferme principalement les *Pecten orbicularis* et *asper*, des Serpules et des spongiaires.

Il est évident, à la simple inspection de la liste des fossiles que M. d'Archiac donne comme provenant du lit à *Scaphites* et à *Turrilites costatus* (*Hist. des prog.*, p. 211), qu'il a été comme tout le monde victime de l'ignorance des ouvriers qui paraissent s'imaginer qu'on attache de l'importance à ce que leurs fossiles proviennent des carrières de la montagne Sainte-Catherine. Il est certain que le *Pecten asper*, la *Rhynchonella Cuvieri*, la *Terebratula carnea*, *Exogyra columba* (*E. conica*), *Ptychodus decurrens*, ne se sont pas trouvés dans le lit n° 6 de la coupe de M. Passy. Cette coupe présente en effet la presque totalité de la craie au-dessus du gault; les n°s 7 à 8, le grès vert supérieur; n° 6, la craie grise à *Ammonites rothomagensis*; 4 et 5, la craie marneuse; 2 et 3, la craie blanche. On se procure facilement à Rouen les fossiles caractéristiques de tous ces étages, et l'on distingue presque toujours leur provenance par la nature de la roche adhérente.

On doit à M. Triger la constatation à Rouen de sa craie à *Pecten asper*, à quelques kilomètres en amont de la Seine, mais il semble qu'on n'a pas bien tenu compte de la différence des couches 7, 8 de M. Passy.

La présence des *Ammonites splendens* et *inflatus*, associées au *Pecten orbicularis* au Havre, rappelle simplement le passage de quelques espèces du gault dans le grès vert supérieur. *Belemnites minimus*, que j'ai eu récemment à Rouen, se trouve dans une couche blanche, comme l'indiquait la nature de la roche adhé-

rente. M. A. Rœmer l'a signalé dès 1841 dans la partie inférieure du plæner qui correspond à la couche à *Ammonites rothomagensis*, à laquelle j'étais disposé à attribuer également l'exemplaire que j'ai examiné.

M. d'Archiac, en réunissant en un seul groupe les fossiles des couches supérieures au gault jusque et y compris le banc à *Ammonites rothomagensis*, était dans l'impossibilité la plus complète de faire des comparaisons fructueuses dans la Sarthe. M. A. Rœmer était plus heureux dans la classification du terrain crétacé du nord de l'Allemagne ; là le grès vert supérieur présente un type magnifique avec *A. varians* à Essen, et ses fossiles étaient bien décrits et figurés. Il paraît que dans toute la Westphalie la craie à *Inoceramus mytiloides* repose directement sur le grès vert supérieur, et que la craie à *Scaphites æqualis* et à *Ammonites rothomagensis* y manque complétement. Cette absence bien constatée augmenterait considérablement l'importance de ce dépôt qui se trouverait ainsi limité par deux oscillations de terrain. Dans le Hanovre, le grès vert est remplacé par le flammenmergel de Rœmer, marne bigarrée renfermant quelques espèces du gault (*Ammonites Mayorianus* et *Solarium ornatum*), *A. varians*, *Pecten orbicularis*, *Belemnites minimus*, *Ammonites curvatus*, Mantell (var. de l'*A. falcatus ?*), et abondamment l'*Avicula gryphæoides*, de Sowerby (dans Fitton); l'*Ammonites rothomagensis*, *Turrilites costatus*, etc., se montrent à la base d'un groupe plus crayeux réuni par M. Rœmer sous le nom de *planer*.

Le terrain crétacé de la Saxe et de la Bohême, malgré les travaux importants de MM. Geinitz et Reuss, est encore très difficile à classer. Le quadersandstein de Tyssa présente bien quelques espèces de Blackdown, autant qu'on peut en juger sur les empreintes qu'elles ont laissées dans le grès ; mais il reste beaucoup d'incertitude sur les dépôts de l'âge à *Ammonites rothomagensis*. M. Geinitz n'est pas très convaincu de son existence en Saxe, et la synonymie que M. Reuss donne en tête de sa description prouve suffisamment que l'espèce ne lui est pas familière ; il n'existe à ma connaissance aucune figure d'un échantillon provenant de l'un ou de l'autre des deux pays.

Scaphites æqualis, Geinitz, a été transformé en *S. Geinitzii*, et placé dans l'étage sénonien par d'Orbigny. *Turrilites costatus* n'existe pas.

Les calcaires à rudistes reposent directement sur les roches cristallines, rarement sur les grès à *Ostrea columba*, et cette co-

quille se trouve également associée aux Sphérulites ; elle remplit d'ailleurs toutes les couches inférieures du système crétacé de la Bohême.

Autant qu'on peut en juger d'après les listes de M. Reuss, il serait permis d'admettre que tout le terrain crétacé de la Saxe et de la Bohême appartient au seul étage turonien tel que je l'ai établi dans les pages précédentes. J'en excepte toutefois la craie de Kieslingswalde et ses équivalents qui se trouvent peut-être dans les pays voisins. Celle-là est évidemment l'analogue des couches inférieures d'Aix-la-Chapelle, et rentre par conséquent dans la craie blanche, bien que M. Geinitz y trouve encore le *Cardium hillanum*.

L'exactitude des quelques observations qui précèdent sur le terrain crétacé du nord de l'Europe peut être contestée ; il en reste toujours assez pour démontrer sur la côte occidentale et septentrionale de l'Europe l'existence d'une ceinture continue qui présente peut-être l'ensemble le plus parfait que le géologue puisse désirer pour étudier en détail la succession et la coordination des différentes parties du terrain crétacé supérieur.

On dirait qu'à partir du vaste bassin de la Seine, qui ne paraît jamais avoir été à sec avant les temps tertiaires, les eaux à l'époque cénomanienne gagnent sur la terre en marchant simultanément vers le nord et le sud. Tournay et le Mans sont les stations extrêmes que la mer cénomanienne atteint. L'envahissement subit des bassins de la Loire et du sud-ouest (de la Sarthe et de la Bohême?) signale le commencement d'une nouvelle époque qui ne change presque rien au pied des Ardennes ; il faut une troisième oscillation au commencement de l'époque sénonienne pour remplir le bassin de la Meuse jusqu'à Maëstricht et Aix-la-Chapelle.

L'étude détaillée de ces terrains nous apprendra, dans un avenir prochain, si ces mouvements étaient lents et continus ou soudains et rapides. L'état des terrains de contact ferait supposer qu'à de longs intervalles de repos ont suivi des affaissements lents et réguliers ; car les remaniements des dépôts sédimentaires tels que les produirait une violente irruption de la mer sont des cas fort rares, si même ils existent.

La lecture de cette note a été suivie de près par la publication d'une livraison du *Bulletin* pour le mois d'avril, laquelle contient plusieurs mémoires très importants communiqués à la Société géologique depuis près d'un an. Je n'ai eu que partiellement connaissance de ces communications quand la lecture en a été faite, et il m'a été impossible d'en tenir compte dans mon mémoire dont les

matériaux ne m'ont été fournis que depuis peu. Je me propose de mettre ici en parallèle les principaux résultats de ces travaux, autant pour faciliter la comparaison que pour rendre à chacun ce qui lui appartient, s'il m'était arrivé d'empiéter involontairement sur le terrain de mes devanciers.

Les mémoires dont je veux parler sont les suivants :

Rapports de la craie glauconieuse de Rouen et des grès verts du Maine, par M. Hébert (séance du 18 mai 1857).

Lettre de M. Raulin du 18 mai et réponse de M. Triger du 1er juin 1857.

Lettre et mémoire de M. Coquand du même jour.

Note sur la composition du terrain crétacé de la Sarthe, par M. de Hennezel, sur les indications de M. Triger (extrait du *Bulletin de la Société d'agriculture, sciences, etc., de la Sarthe*).

Le premier point sur lequel il existe une discordance d'opinion assez marquée entre les différents auteurs est la craie de Rouen. MM. Coquand, Hébert et Bayle comprennent toutes les assises, depuis le gault jusqu'à la limite supérieure de l'*Ammonites rothomagensis*, dans un seul étage auquel M. Coquand a donné le nom de *rothomagien*. M. Triger a distingué les couches à *Ammonites falcatus* pour la première fois dans sa réponse à M. Desnoyers, du 3 décembre 1856. Le mémoire de M. de Hennezel donne le détail de cette division telle qu'elle se présente dans la Sarthe, et le travail que je publie aujourd'hui fournit les preuves que cette distinction se retrouve sur beaucoup de points du golfe cénomanien.

Dans la même réponse, M. Triger insiste en outre sur ce que les grès et les sables du Mans, inférieurs à la craie à Inocérames, sont supérieurs à la craie de Rouen, c'est-à-dire au niveau bien connu des *Turrilites*, des *Scaphites* et de l'*Ammonites rothomagensis*.

La définition ne paraît plus correcte aujourd'hui, puisqu'on sait que la partie inférieure des sables du Mans représente cette même craie de Rouen. Il est certain au moins que, sous le nom de sables du Mans, on a toujours compris la totalité des couches sableuses et quartzeuses qu'on observe dans les carrières de Sainte-Croix, d'Yvré-l'Évêque et de Coulaines. Nous retrouverons dans la note de M. Hébert la même incertitude, puisqu'il ne dit pas non plus que ce niveau bien connu est compris dans les grès et les sables du Mans.

Quoi qu'il en soit, et tout en revendiquant pour M. Triger le mérite d'avoir établi différents niveaux dans ce que j'appelle l'étage cénomanien de la Sarthe, on ne saurait nier que sa division en quatre groupes laisse encore à désirer. Les géologues qui feront

l'application de ces subdivisions dans d'autres localités auront surtout de la peine à s'entendre sur la délimitation du troisième et du quatrième groupe. J'ai suivi M. Triger en laissant la couche de Coudrecieux à *Codiopsis doma* dans la partie supérieure de l'étage cénomanien. La présence de cet oursin dans le tourtia de Belgique et dans le grès vert d'Essen me laisse cependant des doutes sur l'opportunité de cette coupe.

Parmi les étages adoptés par M. Coquand, il y en a un que j'ai cru devoir passer sous silence, malgré son apparente importance : ce sont les puissants dépôts de sable, d'argile et de lignite, à la base du terrain crétacé de la Touraine et du sud-ouest. Je considère ces assises comme le résultat inévitable de la première action de la mer sur de vastes étendues de terre couvertes de végétation et habitées par des animaux terrestres. La première vague, agissant avec force sur un terrain plus ou moins incliné, aura déraciné dans un clin d'œil les plus belles forêts, entraîné jusqu'à la roche qui leur servait de base la terre végétale et les sables, et tous ces matériaux, emportés par le reflux vers des parties plus profondes du golfe ou de la vallée, y auront formé des couches très variables d'épaisseur et d'aspect, selon la configuration du sol sous-marin. Il n'y a guère que des golfes profondément découpés ou de vastes plaines amortissant le choc des vagues qui présenteront le phénomène des arbres ensevelis dans leur position naturelle. Il est évident que les dépôts formés si rapidement au début d'un cataclysme ne peuvent pas être pris comme équivalent d'un étage, dont l'idée est essentiellement liée à celle d'un espace de temps assez long. Une raison semblable défend de faire entrer dans la classification générale d'un terrain les dépôts lacustres et d'eau douce qui pourraient se trouver intercalés dans les couches marines. Chaque couche lacustre a de toute nécessité son équivalent marin, et ces derniers forment à eux seuls une série sans interruption. Ces considérations m'ont fait négliger les couches sableuses inférieures au terrain crétacé, et elles suffisent pour motiver la suppression de l'étage GARDONIEN de M. Coquand.

Le troisième point sur lequel je diffère d'opinion avec tous les auteurs cités concerne la craie à *Inoceramus mytiloides* et les marnes à *Ostrea columba*. Je soutiens que ce sont deux formations synchroniques, les Inocérames étant le faciès du Nord, les Exogyres celui du Midi. Une cause inconnue, peut-être la force ou la température d'un courant marin, empêche la faune marine du Midi de pénétrer dans le bassin du Nord, et donne en même temps des facilités pour une migration en sens inverse. C'est ainsi

que nous voyons de bonne heure l'*Inoceramus mytiloides* rentrer dans les bassins de la Loire et de la Charente, et pulluler chaque fois que la profondeur croissante de la mer force à la retraite les animaux côtiers. De l'autre côté, nous voyons les *Ostrea columba*, *biauriculata*, *vesicularis*, stationner pour ainsi dire à la porte du bassin du Nord sans pouvoir y pénétrer ; ce n'est que vers la fin de la période crétacée qu'une nouvelle voie est ouverte entre les deux mers, et que les mollusques de Royan, jusques et y compris les rudistes, se retrouvent à Maëstricht.

Je ne me dissimule pas les difficultés qu'on rencontrera pour faire prévaloir de pareilles vues en géologie, non pas qu'elles soient nouvelles ; la géologie a fait ses premiers et ses plus grands pas en interrogeant les contours et la disposition des anciens rivages. Ébloui depuis une vingtaine d'années par une précision des données de la paléontologie à laquelle on était loin de s'attendre, on a peut-être dépassé dans ces derniers temps les justes limites de ce genre d'investigation, et l'on se demande si, en distinguant de 50 à 60 assises dans le seul terrain crétacé de la Sarthe, on ne finit pas par classer les coups de vent qui ont ensablé la côte.

Ce qui me porte principalement à considérer la craie à *Inoceramus mytiloides* comme faciès septentrional de l'étage turonien de la Loire, c'est la succession évidente et non interrompue que cette craie forme avec la craie grise de l'Angleterre et de la Champagne ; on n'a jamais prétendu qu'il y ait eu émersion totale ou partielle de ce vaste bassin après le dépôt des couches à *Ammonites rothomagensis*. La craie marneuse suit la craie grise en Angleterre comme en France avec une concordance parfaite, et avec un changement si léger des caractères pétrographiques qu'un affaissement de 20 mètres est suffisant pour l'expliquer. Or, en observant dans les carrières du Mans la transformation successive des grès moyens en marnes à ostracées, on reste convaincu que là non plus il n'y a point de lacune, et il devient évident que deux dépôts d'aspect différent, succédant à une même couche qu'on peut suivre d'un bassin dans l'autre, sont de toute nécessité synchroniques.

Cette première interprétation demande de nouveaux détails à la suite de la note de M. Hébert. Le savant professeur affirme que le grès vert du Maine est supérieur à la craie chloritée, et cela *sans aucun doute possible*. J'ai cherché d'abord à me rendre compte si le nom de grès vert du Maine veut dire la même chose que ce qu'on est convenu d'appeler grès vert du Mans. M. Hébert

dit (p. 737) que les sables ferrugineux, le grès vert du Maine, recouvrent partout la craie chloritée ; qu'à leur tour ils sont partout recouverts par la craie marneuse à *Inoceramus mytiloides*, base de la craie de Touraine, et un peu plus haut, on trouve le mot de sables ferrugineux à propos des glauconies de la Ferté-Bernard que M. d'Archiac considère comme leur modification latérale. Il me semble qu'en suivant ainsi M. Hébert dans ses explications, on arriverait à prouver qu'à cette époque il ne se doutait pas encore de l'identité des sables ferrugineux avec la craie à Scaphites, et qu'il a pris pour représentant de cette assise les glauconies de Lamnay. Il est inutile de compléter aujourd'hui cette critique : le tableau de M. de Hennezel remet toutes choses à leur véritable place, et les deux tiers des grès du Mans, c'est-à-dire les grès ferrugineux, disparaissent de la série comme simple dépôt littoral de la craie à Scaphites. Il ne reste en vérité des sables du Mans que les sables verts au-dessous de la couche à Caprines (assises 1 et 2 du dixième groupe de M. de Hennezel) et le quatrième groupe tout entier (grès vert du Maine de M. Hébert). Ce quatrième groupe est le seul dont la position pourrait donner lieu à de nouvelles controverses. En plaçant dans la quatrième assise des sables cénomaniens inférieurs la grande séparation des étages cénomanien et turonien, j'ai laissé les *Rhynchonella Lamarckii* et l'*Ostrea diluviana* dans l'étage inférieur, en considérant comme espèce de passage le *Terebratella Menardi* qui, d'après M. Coquand, se trouve encore dans les couches à Caprines du sud-ouest, où je crois effectivement l'avoir trouvé moi-même.

Je donne enfin pour résumer l'ensemble de ce travail, en tenant compte des dernières publications, l'exposé suivant :

1° L'observation a prouvé que le bassin de la Manche a été submergé pendant toute la durée de l'époque crétacée ; j'en conclus de toute nécessité que les dépôts crétacés sans exception doivent y avoir leur équivalent synchronique. Les oscillations de terrain, indiquées par les changements dans la nature des sédiments et des débris organiques que ces derniers renferment, ont modifié la ligne des côtes, et sont les faits géologiques qui marquent le commencement des différentes époques.

2° L'effet de ces changements est toujours plus sensible sur les bords du bassin qu'à son centre, puisqu'une différence de niveau de 20 mètres délogera toute la faune littorale et en détruira peut-être une grande partie, tout en n'ayant qu'une faible influence sur les habitants des grandes profondeurs.

3° Les faunes synchroniques de la formation crétacée présentent

une différence notable, selon qu'on les étudie dans le nord ou le midi de l'Europe occidentale, et l'on s'aperçoit que les communications entre les mers de la même époque ont été plus ou moins faciles, et qu'elles ont quelquefois lieu de préférence en certaines directions.

4° Les bords de la mer cénomanienne sont marqués par les dépôts de son époque, d'un côté jusqu'au pied des Ardennes, de l'autre *au delà de l'axe du Merlerault* jusqu'aux environs du Mans. Une oscillation probablement assez faible et en sens descendant a produit un changement qui divise l'étage en deux parties, le cénomanien inférieur et le supérieur.

5° Un affaissement très considérable marque la fin de cet étage, et amène la submersion de vastes étendues de terrain dans le nord comme dans le midi de l'Europe. Un événement de cette importance autorise à le prendre pour point de départ d'un nouvel étage, le turonien.

6° La mer cénomanienne débordant vers le sud entraîne des espèces d'animaux, dont un petit nombre se maintient dans les nouvelles conditions d'existence qui leur sont faites; la plupart disparaissent dans le cataclysme même, ou bien ils reculent et s'éteignent devant les nouvelles générations arrivées par d'autres chemins.

M. Hébert, à la classification nouvelle de M. Sæmann, déclare qu'il préfère la classification antérieure d'Alc. d'Orbigny, bien entendu en remettant dans le terrain cénomanien les marnes à ostracées de M. d'Archiac; en conservant cette classification on n'est pas obligé de couper en deux les sables du Mans.

M. Triger déclare, de son côté, qu'il est préférable de placer la séparation au-dessus des marnes à Ostracées, comme l'a fait Alc. d'Orbigny, attendu que tous les fossiles, à partir de cet horizon, se retrouvent plus ou moins abondamment dans les dépôts inférieurs, tandis qu'ils ne paraissent pas dans les dépôts plus élevés. Il admet donc, avec Alc. d'Orbigny, comme limite de la partie inférieure du turonien, la craie à *Terebratula pectita*, que l'on rencontre toujours au-dessus des marnes à ostracées, et qui se lie intimement avec les autres dépôts supérieurs.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de M. Th. Ébray :

Note sur la classification des Echinoconidæ (*d'Orb.*) *qui présentent l'anus situé dans un profond sillon et l'appareil apicial compacte;* par M. Th. Ébray.

Dans une série de notes adressées à la Société géologique, j'ai démontré que beaucoup de genres à appareil apicial allongé possédaient des plaques complémentaires; j'ai fait observer aussi que dans un genre voisin des *Hyboclypus*, Ag., et des *Galeropygus*, Cott., cette même propriété se reproduisait; mais je me suis peu étendu sur les autres caractères de ces fossiles, mes notes étant principalement destinées à faire connaître la composition de l'appareil apicial jusqu'à ce jour inconnue.

Je viens aujourd'hui donner quelques détails sur le péristome des genres appartenant à cette partie des *Echinoconidæ*, d'Orb., dont l'anus est situé dans un profond sillon, dont les ambulacres sont simples et dont l'appareil apicial est compacte.

M. Desor définit ainsi le genre *Galeropygus :*

Grands oursins circulaires, déprimés, à bord postérieur aminci et tronqué. Périprocte supère, comme chez les *Pygaster*, mais logé dans un profond sillon de l'aire interambulacraire impaire. Péristome central distinctement décagonal, avec de fortes échancrures aux angles des ambulacres. Périprocte compacte (1). Tubercules serrés, non serrés, formant une granulation très homogène.

Ambulacres postérieurs, flexueux, par suite du sillon anal qui les refoule en arrière.

M. Desor ajoute que les *Galeropygus* diffèrent des *Hyboclypus par le péristome qui rappelle tout à fait celui des Pygaster, et selon toute apparence par son appareil apicial.*

Or, si nous consultons les échinides du département de la Sarthe par MM. Cotteau et Triger, nous trouvons que l'espèce connue sous le nom d'*Hyboclypus disculus*, Cott., a été rangée par ces auteurs dans le genre *Galeropygus*, Cott. En effet, les traces laissées sur la coquille par l'appareil apicial démontrent que celui-ci est compacte; mais, si nous nous reportons à la forme de la bouche donnée par les mêmes auteurs, nous verrons qu'au lieu d'être décagonale et au lieu de présenter des entailles comme chez les *Pygaster*, elle est pentagonale, sans entailles, et que les angles du pentagone correspondent aux aires interambulacraires.

(1) Probablement appareil apicial compacte.

D'un autre côté, j'ai rencontré dans les carrières de la Grenouille des échinodermes à ambulacres simples, à appareil apicial compacte, à périprocte situé dans un sillon profond et présentant :

1° Un péristome pentagonal dont les angles correspondent aux aires ambulacraires ;

2° Un péristome pentagonal avec entailles profondes et bourrelets.

Jusqu'à ce jour, on supposait que le groupe des Échinonéides formant, comme le dit M. Desor (1), la première section de la famille des Cassidulites et correspondant à la famille des Galéridées, se distinguait des Nucléolides par l'absence de bourrelets autour de la bouche et surtout par des ambulacres simples ; mais les oursins des carrières de la Grenouille viennent démontrer que la famille des *Echinoconidæ*, d'Orb., de même que le groupe des échinonéides, Ag., offre des genres à bourrelets buccaux.

Je vois donc, en prenant pour base *la méthode actuelle de classement des échinodermes*, trois types qui ne peuvent être confondus :

1° Le type décrit par M. Desor et caractérisé par un péristome à entailles profondes (comme chez les *Pygaster*) ;

2° Le type figuré dans la description des échinides fossiles du département de la Sarthe, type caractérisé par un péristome pentagonal sans entailles, et dont les angles du pentagone correspondent aux aires ambulacraires ;

3° Le type qui se présente avec le précédent dans les carrières de la Grenouille, et qui se fait remarquer par des bourrelets buccaux.

On aura donc :

FAMILLE.	GROUPE.	GENRES.
Echinoidae (d'Orb.), Galeridées (Desor), (*pars*).	Appareil apicial compacte ; ambulacres droits ; anus situé dans un profond sillon.	Péristome décagonal avec entailles et sans bourrelets, *Galeropygus* (Cott.).
		Péristome pentagonal sans bourrelets ni entailles (2).
		Péristome pentagonal avec bourrelets, *Centroclypus* (Eb.).

M. Delesse présente, de la part de M. Ville, ingénieur des

(1) *Synopsis des échinides fossiles* (p. 261).

(2) N'ayant pu personnellement constater l'existence du péristome décagonal avec entailles, je ne puis proposer ce genre que provisoirement et sans lui imposer de nom.

mines à Alger, la notice suivante, relative à un gîte de combustible minéral découvert récemment en Algérie :

Sur un gîte de combustible minéral situé entre Ténès et Orléansville; par M. L. Ville.

Le bureau arabe d'Orléansville a signalé, en 1855, l'existence d'un gîte de combustible minéral entre Ténès et Orléansville, dans une localité désignée sous le nom de Bled-Boufrour. Ce point est situé sur la limite des deux cercles, à 12 kilomètres environ au nord d'Orléansville, à peu de distance de la rive droite de la rivière des sables, qui va se jeter dans l'oued Bou-Bahara. J'ai visité le gîte de Bled-Boufrour le 26 mai 1856, et j'ai reconnu l'existence d'une couche de combustible terreux, noirâtre, dont l'épaisseur varie de $2^m,50$ à 3 mètres, et qui est entaillée par un ravin sur 250 mètres environ de longueur. Cette couche, composée de divers lits parallèles entre eux, est enclavée en stratification concordante dans des marnes gris-bleuâtre du terrain tertiaire supérieur. En raison de cette différence de couleur, l'aspect de la couche charbonneuse présente, au premier abord, quelque chose de saisissant. En l'examinant avec soin, j'ai reconnu qu'en certains endroits il y a des empreintes végétales carbonisées et que plusieurs parties de la roche, bien restreintes, il est vrai, ont l'aspect brillant d'un véritable lignite. Mais la masse générale de la couche, sur les deux rives du ravin qui l'entaille, offre à l'œil une cassure terreuse et ressemble plutôt à de l'argile bitumineuse qu'à un véritable combustible. Elle rentre dans la variété des lignites terreux,

Tous les échantillons analysés renferment une proportion d'eau hygrométrique assez considérable, variant de 0,084 à 0,145.

Le poids des matières volatiles bitumineuses et de l'eau combinée à l'argile varie de 0,225 à 0,420.

Le poids du charbon fixe restant après avoir calciné au rouge la matière, à l'abri du contact de l'air, varie de 0,075 à 0,333.

Le poids total du charbon, correspondant à celui des matières bitumineuses volatiles et au charbon fixe, varie de 0,114 à 0,486.

Les cendres sont essentiellement argileuses; leur poids varie de 0,198 à 0;603.

Le pouvoir calorifique varie de 893 à 3024 unités de chaleur. Le pouvoir calorifique du charbon pur étant de 7815 unités, on voit que le lignite du Bled-Boufrour ne possède en général qu'un pouvoir calorifique très faible. Du reste, les échantillons nos 1, 2, 3, 4,

dont le pouvoir calorifique varie de 2409 à 3024, sont des échantillons de choix, ayant l'aspect brillant d'un combustible. Ils sont fort rares dans l'affleurement. Les échantillons nos 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, dont la composition présente assez d'homogénéité, constituent à proprement parler la masse générale de la couche de lignite. Leur pouvoir calorifique varie de 893 à 1827. Il est, en moyenne, de 1483, c'est-à-dire qu'il est très faible et que ce lignite, s'il conservait la même composition dans toute la couche, ne pourrait être employé comme combustible ni dans l'industrie, ni dans l'économie domestique.

Par la calcination en vase clos, le lignite du Bled-Boufrour donne un charbon très argileux dont la poussière est d'un très beau noir et qui peut être employé avec avantage pour décolorer les sirops, comme le charbon animal. Je m'en suis assuré en décolorant, avec le lignite calciné, du vin d'Espagne très fortement chargé en couleur. J'ai constaté que le pouvoir décolorant de ce lignite était plus élevé que le pouvoir décolorant du charbon végétal que l'on emploie au laboratoire. Le lignite de Menat, qui renferme, d'après M. Berthier,

Matières combustibles	0,65
Argile et sable.	0,35
Total.	1,00

se rapproche, par sa composition, du lignite du Bled-Boufrour, et est employé avec avantage pour la décoloration des sirops. La même industrie pourrait, sans doute, s'effectuer avec le lignite du Bled-Boufrour; mais je doute fort, qu'en raison des besoins actuels de l'Algérie il y ait opportunité à créer aujourd'hui une industrie de ce genre. On a vu plus haut que, dans toute l'étendue de l'affleurement du combustible, le lignite dont il s'agit offre généralement l'aspect d'une roche noire, éminemment argileuse et à cassure terreuse. Cependant, en quelques points, la roche noire a l'aspect brillant et la cassure d'un véritable combustible. Sa richesse en charbon devient plus grande, et alors il est susceptible de brûler. Il se pourrait donc qu'en exécutant des travaux de recherches sur cette couche, on reconnût qu'à une certaine distance de l'affleurement, elle perd son caractère terreux et se transforme en un combustible susceptible de brûler et d'être employé avec quelque avantage dans les arts. On sait que le bois de chauffage est rare à Orléansville; si le lignite du Bled-Boufrour s'améliorait en profondeur, il pourrait être employé, à Orléans-

ville, pour les besoins de l'économie domestique. Il pourrait servir également au grillage des minerais de cuivre de Ténès, à la cuisson de la chaux et de la brique, au chauffage des chaudières à vapeur fixes.

Il y aurait donc un véritable intérêt à faire quelques travaux de recherches sur le gîte du Bled-Boufrour. Il serait facile de faire, dans la couche de lignite, de chaque côté du ravin qui l'entaille : 1° une galerie en direction de 30 mètres de long, 1^{m},80 de haut, 1^{m},30 de large ; 2° une galerie suivant la ligne de plus grande pente de 60 mètres de long, 1^{m},80 de haut et 1^{m},30 de large. On doit éviter de donner une trop grande section transversale à ces galeries, à cause du peu de dureté de la roche. La couche serait explorée ainsi par un ensemble de galeries de 180 mètres de longueur. L'abatage de la roche serait facile et coûterait, en moyenne, 30 francs par mètre courant. En y comprenant le boisage et les frais généraux, on pourrait évaluer à 80 francs le prix de revient du mètre courant, ce qui porte à 15,000 francs en nombres ronds la somme suffisante pour l'exploration complète de la couche. Cette somme ne serait même pas entièrement nécessaire, car, à la rigueur, on pourrait se contenter de n'explorer qu'une des rives du ravin, ce qui réduirait la dépense à 8 ou 10,000 francs.

Comme le bassin carbonifère s'étend bien au delà des limites de l'affleurement que j'ai reconnu, qu'on retrouve des indices notables de lignite sur les bords de la rivière des Sables, qu'un affleurement analogue à celui du Bled-Boufrour a été signalé chez les Medjadja, il est probable que l'exploration de la couche du Bled-Boufrour amènerait la découverte de nouvelles couches de lignite et que peut-être quelques-unes de ces couches seraient susceptibles d'être employées dans les arts, d'une manière avantageuse.

Séance du 17 *mai* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, le Président proclame membre de la Société :

M. Lehon, capitaine du génie, professeur à l'Ecole poly-

technique, rue du Commerce, 41, à Bruxelles, présenté par MM. Michelin et Hébert.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice, *Journal des savants*, avril 1858.

De la part de M. Th. Davidson :

1° *A monograph of british permian Brachiopoda*, part. IV, 51 p., 4 pl., 1857; in-8.

2° *A monograph of british carboniferous Brachiopoda*, 48 p., 8 pl., 1857, in-8.

De la part de M. Ed. Piette :

1° *Note sur le gite des Clapes* (*Moselle*), in-8, p. 510-516.

2° *Description des* Cerithium *enfouis dans les dépôts bathoniens de l'Aisne et des Ardennes;* in-8, p. 544-562, 4 pl.

Ces deux notes extraites du tome XIV, 2e série (1857), du *Bull. de la Soc. géol. de France.*

De la part de MM. le Dr Albert Oppel et Édouard Suess, *Ueber die muthmasslichen Æquivalente des Kössener Schichten in Schwaben*, in-8, 17 p., 2 pl. Vienne, 1856.

De la part de M. le Dr Albert Oppel, *Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands;* in-8, p. 587-857, 1 carte. Stuttgart, 1856-1858.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 18 et 19.

L'Institut, nos 1270 et 1271, 1858.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée, n° 112, 11e année, avril 1858.

Mémoires de la Société d'agriculture, etc., du département de la Marne, année 1857, in-8.

Mémoires de l'Académie imp. des sciences, etc., de Toulouse, 5e sér., t. I, 1857, in-8.

Société impériale d'agriculture, etc., de l'arrondissement de Valenciennes. 9e année, n° 10, avril 1858, in-8.

Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, t. V, bulletin n° 42. Lausanne, mai 1858, in-8.

The Athenæum, nos 1593 et 1594, 1858.

Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc., de Leonhard et Bronn, année 1858, 2e cahier.

Wurttembergische naturwiss. Jahreshefte, 13e année, 3e cah., 1857.

Revista minera, t. IX, n° 191, 1er mai 1858.

Revista de los progresos de las ciencias exactas, fisicas y naturales, t. VIII, n° 4, avril 1858.

The american journal of science and arts, by Silliman, vol. XXV, 2e sér., n° 75, mai 1858.

Sur la proposition du Conseil, la Société choisit Nevers comme lieu de sa Réunion extraordinaire de cette année.

M. d'Archiac lit l'extrait suivant d'une lettre adressée par M. B.-J. Shumard à M. de Verneuil :

Je viens de compléter l'examen d'une collection de fossiles rapportée des montagnes de Guadalupe (New-Mexico) par mon frère, le docteur S.-S. Shumard, qui a fait partie de l'expédition du capitaine John Pope, et cette étude, quelque rapide qu'elle ait été, m'a pleinement convaincu qu'il existe dans cette région un vaste développement de votre *terrain permien*. La collection contient à peu près quarante espèces de fossiles dont beaucoup sont nouvelles, mais dont la plupart se rapprochent tellement des types permiens qu'il ne peut rester aucun doute sur leur âge. J'y ai trouvé la *Camarophoria Schlotheimi*, représentée par des échantillons qui s'accordent parfaitement avec les figures et la description que vous donnez de cette espèce dans votre ouvrage sur la *Géologie de la Russie*. Elle est accompagnée de la *Camarophoria Geinitziana*. Nous avons un *Aulosteges* qui, quoique distinct de votre espèce de Russie, en est néanmoins très voisin. Le *Productus Leplayi* y est représenté, et nous en avons un autre qui est très analogue, sinon identique, avec votre *P. Cancrini*. La *Terebratula* (*spirigera*) *pectinifera* est fort abondante, ainsi que la *T. elongata*, et il y a une espèce très voisine de la *T. superstes* qui n'est peut-être que cette espèce elle-même.

Nous avons aussi les *Spirifer cristatus* et *permianus*, King, l'*Acanthocladia anceps*, le *Synocladia virgulacea*, et des fragments d'un *Monotis* qui ressemble au *M. speluncaria*.

Notre collection contient en outre un certain nombre d'espèces qui se trouvent dans les dépôts permiens du Kansas, dont la pre-

mière indication est due au professeur Swallow qui vient de publier à ce sujet une notice que vous recevrez bientôt.

D'après les observations de mon frère, cette formation dans le Nouveau-Mexique atteint une épaisseur de plus de 1000 pieds. La roche est un calcaire d'un blanc pur, dont quelques parties sont remplies de fossiles. Les couches permiennes reposent sur des grès et des calcaires de l'âge du terrain houiller, contenant les fossiles qui caractérisent cette formation dans le Missouri et les autres États de l'ouest. Je vous enverrai un exemplaire du mémoire du professeur Swallow sur les fossiles permiens du Kansas. Vous remarquerez qu'il a reconnu un assez grand nombre de vos espèces de Russie. On peut observer que, pendant que les roches permiennes du Kansas contiennent beaucoup d'acéphales et peu de brachiopodes, le contraire a lieu dans le Nouveau-Mexique, où les dépôts du même âge présentent beaucoup de brachiopodes et peu d'acéphales.

Un extrait du rapport fait au gouvernement par mon frère sur ses découvertes dans le Nouveau-Mexique et le Texas paraîtra dans le deuxième numéro des *Transactions de l'Académie des sciences de Saint-Louis*. J'y joindrai une courte description de quelques-unes des espèces nouvelles du terrain permien.

Je vous enverrai bientôt aussi un mémoire que j'ai fait avec le professeur Swallow sur les fossiles du terrain houiller du Missouri et du Kansas. Ce mémoire comprend toutes les espèces non encore décrites (environ 70) qui se trouvent dans la collection de l'État du Missouri.

M. d'Archiac fait remarquer, à propos de cette communication, que s'il était réservé à un observateur américain de faire connaître l'existence de la faune permienne dans le nouveau monde, c'est à un géologue français que l'on doit la première indication d'un représentant, à la fois stratigraphique et minéralogique, de la même période. En effet, M. J. Marcou, attaché en qualité de géologue à l'expédition du capitaine Whipple qui parcourut en 1853 l'espace compris entre la vallée du Mississipi et l'océan Pacifique, a reconnu dans le Nouveau-Mexique, au nord-ouest de la localité dont parle M. Shumard, entre le rio Colorado Chiquito (lat., 35° 18′ 43″; long., 110° 49′ 56″) et la sierra de Mogoyon, au-dessous d'une série de couches rapportées aux divers étages du trias, un calcaire magnésien qu'il n'hésite pas à comparer au *magnesian limestone* d'Angleterre. Son épaisseur est d'environ 325 mètres, et les fossiles, quoique abondants, étaient dans un

trop mauvais état pour qu'on pût les déterminer spécifiquement [*Résumé explicatif d'une carte géologique des États-Unis* (*Bull. Soc. géol. de France*, 2e série, vol. XII, p. 868, mai 1855. — *Geology of North-America*, p. 23, in-4. Zurich, 1858.)].

M. E. Emmons a aussi rapporté au système permien certaines assises inférieures au charbon de la Virginie et de la Caroline du Nord (*Geol. report of North-Carolina*, p. 273, 341 ; 1856). Ce dernier savant aurait même trouvé des mâchoires inférieures d'une espèce de mammifère insectivore (*Dromatherium sylvestre*), avec des restes de sauriens thécodontes, dans le bassin charbonneux de Chatam, bien au-dessous du niveau des plantes regardées par lui comme appartenant à la flore des marnes irisées (*American Geology*, part. VI, 1857). Mais, comme rien ne semble prouver encore d'une manière absolue que ces couches ne fassent pas également partie du trias, ce petit mammifère pourrait n'être pas beaucoup plus ancien que le *Microlestes antiquus*, Rein., du Wurtemberg. Quoi qu'il en soit de ce dernier fait, les observations séparées de MM. J. Marcou, S.-S. Shumard et Swallow mettent aujourd'hui hors de doute l'existence du système permien à l'ouest du Mississipi, et montrent que le terrain paléozoïque, dont les trois termes inférieurs sont si largement développés dans le nord du nouveau continent, y est aussi complet que dans l'ancien.

M. Delesse présente, de la part de M. J. Marcou, un ouvrage relatif à la géologie de l'Amérique du Nord ; il donne ensuite lecture de la note suivante qui lui a été adressée par M. Marcou.

Zurich, le 20 avril 1858.

La Société géologique de France ayant eu l'extrême obligeance d'insérer, dans les tomes VI, VIII, XI et XII de la 2e série de ses *Bulletins*, la plus grande partie de mes observations sur l'Amérique du Nord, je viens aujourd'hui, en lui offrant un exemplaire de ma *Geology of North America*, la prier de m'ouvrir encore ses colonnes pour une petite protestation.

Par suite de circonstances complétement indépendantes de mon libre arbitre et de ma volonté, et qu'il me serait pénible d'être obligé de rappeler ici, les deux cahiers de notes géologiques que j'avais écrits pendant mon exploration des montagnes Rocheuses et de la Californie, et la plus grande partie de mes collections, m'ont été enlevés de force, et remis, sans ma participation, entre les mains d'un nommé William P. Blake, de New-Haven

(Connecticut). Cette personne m'ayant écrit de son propre mouvement pour me consulter *officieusement* sur l'opportunité qu'il y aurait de publier ces deux cahiers de notes *tels qu'ils étaient*, je me suis opposé à cette publication en m'appuyant : 1° sur ce que ces notes étaient écrites au crayon, en abrégé, avec beaucoup de signes conventionnels et en langue française ; 2° sur ce qu'il y avait des parties à retrancher ; 3° sur ce qu'il y avait beaucoup à ajouter pour les rendre compréhensibles ; 4° et enfin sur ce que, ne connaissant pas lui-même la route que j'avais parcourue, il ne pouvait pas suppléer par sa propre expérience à des notes qui ne pouvaient être compréhensibles qu'à celui même qui les avait prises. En même temps, j'ajoutais : 1° qu'il pouvait publier un rapport en forme de *Résumé*, que j'avais adressé au commandant de notre expédition en juillet 1854 ; 2° que ma collection était en bon état, et que je ne voyais aucune objection à ce qu'il en donnât une description détaillée, aux deux conditions toutefois qu'il préviendrait que j'étais étranger à cette description, et qu'il ne ferait pas décrire les fossiles par James Hall, d'Albany.

Comme M. Blake me disait dans sa lettre qu'il aurait égard à mes désirs, et que c'était seulement pour assurer la publication officielle des résultats géologiques auxquels j'étais parvenu qu'il avait consenti à entreprendre ce travail, j'ai été fort surpris de voir que, non-seulement M. Blake n'a eu égard à aucun de mes désirs, mais bien plus qu'il a fait tout ce qui dépendait de lui pour annuler mes observations et nier mes découvertes ; et je suis aujourd'hui à me demander quels sont les motifs qui ont pu pousser M. Blake à m'écrire une lettre, dont il avait évidemment pris la résolution d'avance de fausser tous les termes.

Une première publication des résultats principaux des diverses explorations pour l'établissement d'un chemin de fer entre la vallée du Mississipi et la Californie a été faite à Washington, en 1855, dans le format in-8, avec atlas in-folio. Dans ces rapports se trouvent deux mémoires avec ma signature ; ce sont : 1° *Résumé of a Geological reconnaissance extending from Napoléon at the junction of the Arkansas with the Mississippi, to the pueblo de los Angelos in California* ; 2° *Geological notes of a survey of the country comprised between Preston, Red river, and El Paso, rio Grande del Norte*. Ces deux mémoires, qui ont été en grande partie publiés dans les tomes XI et XII du *Bulletin de la Société géologique*, renferment, avec des détails suffisants pour les mettre hors de doute, tous les résultats auxquels j'ai été conduit par mes recherches géologiques. Cette publication, in-8, a été limitée à

un petit nombre d'exemplaires, à peu près trois cents, et pour l'usage exclusif du Congrès américain.

Depuis lors, une seconde publication, dans le format in-4, avec illustrations, etc., a été entreprise et se trouve aujourd'hui dans le commerce. Le tirage est de 11,000 exemplaires, et depuis 1856, sept gros volumes ont déjà paru. Le volume II contient le *Report near the thirty second Parallel of North Latitude, from the Red river to the Rio Grande*, par le capitaine John Pope. Dans ce beau travail, Pope cite exclusivement mes notes géologiques sur son voyage, spécialement dans son chapitre VI, au sujet des puits artésiens à établir sur le Llano Estacado. Par une partialité que je suis loin d'attribuer au capitaine Pope, car je sais qu'il a fait tout ce qui lui était possible pour empêcher l'injustice dont j'ai été victime, on a omis complétement mes *Geological Notes* sur cette exploration, et à leur place on trouve un *Report on the Geology of the route*, par William P. Blake. Dans ce travail, M. Blake ne parle de mes *Geological Notes* que pour dire que je me suis trompé sur l'existence : 1° du *jurassique* qui pour lui est du *crétacé ;* 2° du *trias* qui pour lui est en partie du *crétacé*, en partie du *carbonifère*, et en partie une époque géologique inconnue qu'il nomme avec beaucoup de sagacité *gypsum formation*, et enfin que ma suggestion, relativement à la possibilité de percer des puits artésiens à de grandes profondeurs, sur le Llano Estacado, est une impossibilité et une utopie. M. Blake a le talent de remplir une page in-4 avec ce que d'autres ont le défaut de dire dans une seule ligne, et son rapport au capitaine Pope n'est rien autre qu'une *compilation* déguisée, fortement étendue, et surtout torturée de mes *Geological Notes* de l'édition in-8, compilation qu'il n'avoue pas, et qui explique suffisamment le rejet de la publication, dans cette édition in-4, de mes *Geological Notes*.

Le volume III est exclusivement rempli par les rapports de l'expédition du capitaine Whipple dont j'ai été le géologue. J'aime à rappeler ici les relations amicales et d'intimité qui n'ont cessé d'exister entre Whipple et moi, depuis le jour où nous nous sommes réunis sur le pont d'un bateau à vapeur, au fort Smith, et les efforts de toute espèce qu'il a bien voulu faire pour m'assurer la publication du rapport géologique complet de notre expédition. Si ses persévérantes démarches n'ont pas été couronnées de succès, du moins il a fait tout ce qui lui était possible, et je sais qu'il ne s'est arrêté que devant une volonté supérieure et devant laquelle un militaire est toujours obligé de fléchir. Je ne l'en remercie pas moins de ses nobles efforts qui se sont continués du reste

jusqu'à la fin de la publication de ce volume III, et qui ont fini par faire insérer dans la dernière feuille du volume, après un premier rejet assez brutal, mon *Résumé* de l'édition in-8. Je suis heureux de pouvoir citer ici cette phrase d'une lettre qu'il m'a adressée dernièrement en m'envoyant ces volumes : « J'espère » qu'en parcourant ces volumes vous vous apercevrez que j'ai » essayé qu'on ne vous fît pas d'injustices. Mon opinion est que vos » ennemis, par leur conduite, se sont nui à eux-mêmes dans » l'estime du monde scientifique. »

Un tiers du volume III est rempli par le *Report on the Geology of the route*, rapport divisé en deux parties : le n° 1 ou *General Report upon the Geological collections*, par William P. Blake, et le n° 2 ou *Résumé and field Notes*, par Jules Marcou. Je prie tous les géologues de considérer mon nom comme effacé du rapport n° 1, où M. Blake s'en est servi presque à chaque phrase pour nier, annuler ou mutiler mes observations ; je ne reconnais rien dans ces dix chapitres par Blake et James Hall comme provenant de moi. Quant au prétendu *Itinéraire géologique du fort Smith et de Napoléon* (*Arkansas*) *au Rio Colorado de Californie*, original par Jules Marcou et traduction anglaise par William P. Blake, qui se trouve dans la partie n° 2, je déclare que ce document n'est pas de moi, et que M. Blake, en le publiant contre ma volonté expresse, a commis un acte d'indélicatesse sans exemple jusqu'à présent en géologie.

Je ne parle pas de la carte géologique et du profil exécutés par M. Blake, d'après, dit-il, les notes et collections de M. Jules Marcou : les cartes géologiques et le profil que j'ai publiés dans le *Bulletin de la Société géologique* et dans ma *Geology of North America* répondent suffisamment à ces productions que je ne considère pas comme sérieuses. La seule partie de ce n° 2 et de tout le volume III que je reconnaisse comme étant de moi est le *Résumé of a Geological reconnaissance*, etc., et les citations que mon ami le capitaine Whipple en fait dans ses divers rapports ; car je rappelle ici avec plaisir que ni Whipple ni Pope n'ont fait usage dans leurs rapports des résultats et des rédactions de M. Blake : toutes leurs citations géologiques, minéralogiques et paléontologiques sont empruntées *exclusivement* à mes deux mémoires.

Je regrette d'être obligé de présenter une pareille protestation ; mais un géologue pratique ne possède que sa réputation d'observateur, et mes adversaires ont fait tout ce qui dépendait d'eux pour la ruiner.

J'ai essayé dans les limites de mes forces et de mes faibles talents de faire mon devoir ; et il est triste, surtout après avoir comme moi perdu sa santé par les fatigues de toutes sortes que j'ai eu à supporter pendant mes voyages, de se voir, non-seulement privé de la récompense de la publication officielle de ses recherches, mais bien plus de voir que la personne qui a eu la mission de les publier s'est appliquée, avec un courage peu enviable, à torturer, dénaturer et nier même des observations qui m'ont coûté les plus rudes fatigues auxquelles un géologue puisse être soumis.

M. le Président communique l'extrait suivant d'une lettre qui lui est adressée de Vienne (Autriche), le 26 avril dernier, par M. Ami Boué.

M. Franz Hauer imprime un Recueil d'observations paléontographiques sur l'Autriche avec des planches de fossiles. Il y renfermera un mémoire de M. Suess sur des dépôts jurassiques supérieurs observés dans la Moravie et dans la Silésie autrichienne. Il a reconnu dans ces terrains 37 fossiles, dont 8 se retrouvent dans le calcaire à *Scyphia* de la Souabe et 3 dans le corallien de l'Yonne.

Le *Congrès général* des ingénieurs des mines et des géologues se réunira à Vienne du 10 au 15 mai. Il serait à désirer que les géologues français, qui ont fait une étude approfondie des formations anthracifères des Alpes françaises et savoisiennes, vinssent assister à cette réunion. Ils trouveraient le pendant de ces formations dans la haute Styrie, dans le Stangen Alpe près de Turrach, dans le sud-ouest de la Carinthie et dans le Frioul. La comparaison des impressions végétales et des autres fossiles pourrait éclaircir cette question intéressante. Ils pourraient en même temps visiter Windisch-Keppel en Carinthie et le calcaire du Gailthal, où l'on trouve des Spirifères, des céphalopodes, des *Brontens*, etc. ; bref, quelque chose d'analogue au silurien de Konieprus, près de Béraun, en Bohême.

J'ai reçu pour la Société géologique de France trois mémoires de M. le docteur F. Rolle, *Sur la Styrie et l'Illyrie*, extraits du *Jahrbuch* de l'Institut impérial géologique. Je vous les expédierai par une occasion sûre. Le classement des divers dépôts tertiaires observés par l'auteur dans ces deux provinces, et leur mélange çà et là avec des dépôts plutoniques, ne peuvent manquer d'attirer

plus particulièrement votre attention. Il y a de l'éocène bien marqué par les *Nummulites crassatella*, *tumida*, etc. Le calcaire éocène de Wöllan et de Neuhaus offre la plus grande ressemblance avec celui du Leithagebirge ; mais M. Rolle, n'y trouvant pas les fossiles du Leithakalk, se croit fondé à l'en distinguer.

Il paraît que les grands dépôts de lignites avec les basaltes et les tufs basaltiques du nord de la Bohême sont de l'époque tertiaire ancienne ; car la moitié de leurs végétaux fossiles sont éocènes comme ceux de Sotzka, Sagor (Carinthie), Haring (Tyrol), Monte-Promina, tandis qu'on y remarque aussi des formes propres au miocène inférieur et semblables à celles de Radeboj (Croatie), Thalheim, Parschlug, de la Suisse, ainsi que du nord et du sud de l'Allemagne.

L'*Atlas physiognomique des Alpes autrichiennes* de M. Simony, à Gotha, est en cours d'exécution. Les dessins sont intéressants et rendent bien le caractère de la structure en grand des roches, dont les peintres ne donnent à l'ordinaire qu'une représentation idéale.

La *Carte ethnologique des États autrichiens* est intéressante.

M. Haidinger va publier 950 mesures trigonométriques de hauteurs qui ont été exécutées, de 1836 à 1850, sur les limites du Tyrol et de la Bavière par Ed. Partsch.

Le docteur Hörnes, directeur du cabinet impérial de minéralogie, malgré les travaux dont il est accablé, promet pour cet été un nouveau cahier de ses fossiles de Vienne.

La Société géologique de Milan a tenu sa première séance le 27 février 1858.

M. le Secrétaire donne lecture de la communication suivante de M. Triger, écrite en réponse à M. Sæmann, et relative au terrain crétacé de la Sarthe :

Messieurs,

Vous avez entendu la communication que M. Sæmann a faite pour annoncer à la Société géologique un mémoire sur le terrain crétacé de la Sarthe. Comme moi, sans doute, vous avez remarqué trois faits principaux auxquels je me contenterai de répondre, en attendant que la publication de ce mémoire vienne nous donner une idée plus exacte de ce qu'il renferme; car jusqu'à présent il m'a été impossible d'en prendre une communication plus complète.

Un des faits qui m'a surtout frappé dans cet exposé a été le long préambule dans lequel M. Sæmann a cru devoir entrer pour annoncer à la Société que son mémoire était uniquement le fruit, non pas d'une exploration de la craie qu'il aurait faite dans la Sarthe, mais de l'étude toute particulière d'une collection de fossiles achetée dans notre département, et provenant de la vente des héritiers de Desportes, notre ancien collègue, auquel il n'a donné assurément que de trop justes éloges.

M. Sæmann a seulement oublié une chose ; il a oublié d'ajouter que ce mémoire est également le fruit d'une étude semblable, faite tout récemment et à la même occasion de la collection de M. Triger, collection classée de manière à présenter au premier coup d'œil une étude comparée du terrain crétacé de la Sarthe avec les dépôts crétacés correspondants de la Belgique, du Limbourg et du midi de la France ; collection qu'il a étudiée à loisir, et contrôlée à plusieurs reprises, pendant des heures entières, avec M. Triger.

A cela près, M. Sæmann n'a rien oublié ; car il est entré dans tous les détails possibles sur l'ordre et la beauté de la nouvelle collection qu'il possède, ajoutant que loin de s'être contenté de l'étude minutieuse des fossiles qu'elle renferme, son mémoire s'appuie en outre sur les recherches importantes et multipliées faites dans la Sarthe, pendant de longues années, par M. Édouard Guéranger, études publiées, que tout le monde connaît et sait apprécier.

En voyant M. Sæmann distribuer ainsi avec tant de libéralité des couronnes à tous mes amis qui se sont occupés de la géologie de la Sarthe, j'avoue que, malgré son premier oubli, j'attendais de sa part au moins une mention honorable ; mais cette attente n'a été pour moi qu'une fâcheuse déception, et j'en ai été d'autant plus surpris, qu'on me permette de l'avouer avec franchise, que c'est pourtant à mes travaux que l'on doit depuis sept ans la carte géologique de ce pays, carte que M. Sæmann connaît parfaitement, et à laquelle j'ai travaillé pendant plus de vingt ans. Les études géologiques multipliées que j'ai faites dans cette contrée ont servi en outre, tout récemment, à convaincre pour la première fois tous les géologues que les marnes à ostracées de M. d'Archiac avaient été pendant trop longtemps considérées comme inférieures à la craie à *Scaphites æqualis* et *Turrilites costatus*. C'est aussi grâce aux renseignements que j'ai donnés à M. Sæmann lui-même qu'il s'est enfin convaincu que les marnes à ostracées, ainsi

surtout à M. d'Archiac qui n'a jamais manqué de signaler son importance toutes les fois qu'il a décrit l'horizon dans lequel on le rencontre, soit en France, soit en Angleterre.

Que M. Sæmann, par exemple, aille visiter près de Douvres les rochers de Shakspeare; qu'en France, il visite les carrières de pierre à chaux hydraulique de Senonches, près Chartres, celles de Soulitré, dans la Sarthe; qu'il visite les carrières d'Écommoy, de la Paysantière, et il reviendra convaincu comme nous que sur le terrain il est de toute impossibilité de confondre ces deux fossiles.

Veut-il enfin que je cite un autre point plus important? Qu'il aille visiter les coteaux d'Auxon, près Troyes; il verra que là encore il est impossible de confondre l'*Inoceramus problematicus* avec l'*I. latus*, le premier constituant seul un horizon parfaitement tranché au milieu du coteau, tandis qu'il ne trouvera l'*I. latus* qu'au pied de ce coteau, à Auxon même, dans les carrières ouvertes près de l'église, et cela au milieu d'une foule d'autres fossiles appartenant tous à l'horizon du *Turrilites costatus* et du *Scaphites æqualis*. Si ces fossiles peuvent donner lieu à une méprise, c'est donc tout au plus au milieu d'une collection, et sur des points comme Rouen, par exemple, où la craie à *Turrilites costatus* est en contact immédiat avec la craie à *Inoceramus problematicus*, ce qui n'arrivera jamais assurément quand on voudra en faire un examen sérieux, surtout là où les dépôts qui les renferment sont séparés par une épaisseur de craie de plus de 50 mètres.

Je ne parlerai pas de la *Rhynchonella vespertilio* que M. Sæmann veut aussi faire descendre jusque dans les marnes à ostracées, et qu'il semble confondre pour cela avec la *R. alata*, Lamarck, qui caractérise si bien ce dernier horizon; je rappellerai simplement à M. Sæmann que la *R. alata* est une espèce créée par Lamarck sur des échantillons venant des marnes à ostracées de la Sarthe, et que cette espèce a fort peu de rapport avec la *R. vespertilio* qui caractérise on ne peut mieux, pour tout le monde, un horizon plus élevé, non-seulement dans notre département, mais dans tout le sud et le sud-ouest de la France.

Tous ces changements, inutiles à notre avis, n'ont donc d'autre but que de fournir à M. Sæmann des justifications pour l'essai qu'il entreprend d'une classification nouvelle.

Il prétend en effet qu'Alc. d'Orbigny a mal déterminé les limites de son turonien et de son cénomanien, et propose en conséquence aux géologues d'adopter un nouveau turonien et un nouveau

cénomanien. Au lieu de placer la limite qui sépare ces deux terrains entre les marnes à ostracées et la craie à *Inoceramus problematicus*, Alc. d'Orbigny, dit-il, aurait dû la placer entre la craie à Scaphites et les sables cénomaniens supérieurs de la Sarthe, attendu que dans le Midi ces marnes et ces sables reposent directement sur le terrain jurassique et constituent les dépôts les plus anciens de la craie.

En vérité, je ne puis m'empêcher de témoigner ici à M. Sæmann toute ma surprise, en le voyant ainsi, d'après le simple examen de quelques fossiles, et surtout d'après un si faible motif, tenter d'établir une pareille réforme. Je déclare que je ne partage pas le moins du monde son avis, et que, faute de mieux, je m'en tiens encore aux anciennes opinions de d'Orbigny.

Pour juger de la valeur des arguments de M. Sæmann, examinons simplement une coupe faite dans la craie entre le Havre et Angoulême ; nous verrons qu'au pied du cap la Hève, c'est la craie à *Ostrea aquila* qui repose directement sur le calcaire jurassique. Cette craie y est très peu développée ; mais enfin on y trouve le fossile le plus caractéristique, l'*Ostrea aquila ;* de sorte que la présence de ce terrain au contact du terrain jurassique ne saurait offrir le moindre doute.

Poussons plus loin nos observations ; allons à Honfleur ; ce groupe aura complétement disparu, et ce sera le gault à son tour qui reposera directement sur le Kimmeridge-clay.

Si nous nous avançons vers Lisieux et Gacé, et jusque dans la Sarthe, plus de traces de gault ; c'est la craie à *Pecten asper* qui se trouve partout immédiatement en contact avec les dépôts jurassiques. Nous observerons la même chose jusqu'au Mans, et même au delà jusqu'à Écommoy. Si, poussant plus loin nos recherches, nous arrivons d'un trait jusqu'aux environs de Saumur, tout sera encore changé ; la craie à *Pecten asper* aura disparu elle-même, et nous verrons la craie à *Scaphites æqualis* reposer directement sur les terrains jurassiques. Enfin si, nous dirigeant vers l'ouest, nous allons à Martigné, à Doué et au Puy-Notre-Dame, ce ne sera plus la craie à Scaphites qui recouvrira le calcaire jurassique ou les terrains de transition. A Martigné, ce sont les marnes à ostracées et les sables cénomaniens supérieurs qui recouvrent ces dépôts. A Doué et à Brissac, ce sont simplement les marnes à ostracées. Enfin, en approchant du Puy-Notre-Dame, on ne voit plus en contact avec l'oolithe inférieure que de la craie à *Inoceramus problematicus* exploitée de tous côtés comme tuffeau. Enfin, si nous nous avançons jusqu'à Angoulême, en traver-

sant la vaste presqu'île jurassique qui sépare les deux contrées, nous verrons autour d'Angoulême, comme à Martigné et au Puy-Notre-Dame, les sables cénomaniens supérieurs et les marnes à ostracées recouvrir successivement aussi différents dépôts du terrain jurassique.

Il est facile de voir, d'après ce simple exposé, que des oscillations successives du sol, et par contre-coup des envahissements successifs opérés par la mer, envahissements attestés par les différents dépôts échelonnés le long de cette coupe, ont produit une série de gradins qui sont tous à peu près de même importance. Si M. Sæmann avait étudié plus sérieusement notre terrain crétacé, il aurait vu comme nous et comme d'Orbigny que la craie offre en France ainsi qu'en Angleterre des lacunes bien autrement importantes.

Il aurait vu en effet que le contact constant de la craie à *Inoceramus problematicus* avec la craie à *Turrilites costatus*, et par conséquent l'absence totale des marnes à ostracées et des sables cénomaniens supérieurs dans tout le nord de la France et dans toute l'Angleterre, constitue un *hiatus* bien autrement tranché et bien autrement important que celui d'après lequel il veut établir sa nouvelle classification. Or, c'est précisément cet *hiatus* que je viens de citer qui a déterminé d'Orbigny à placer au-dessus des marnes à ostracées le trait destiné à séparer son turonien du cénomanien.

Un autre motif puissant, à notre avis, a dû déterminer également d'Orbigny à mettre sa division au-dessus des marnes à ostracées; car, si l'on étudie les fossiles que l'on rencontre au-dessus et au-dessous de cette division, on voit bientôt qu'au-dessous presque tous les fossiles se répètent plus ou moins dans toutes les assises inférieures, tandis qu'on peut à peine en citer quelques-uns passant au-dessus.

Pour en avoir une preuve, que l'on étudie seulement les Ammonites des marnes à ostracées et des dépôts inférieurs, c'est-à-dire les Ammonites des sables cénomaniens, de la craie à Scaphites et de la craie à *Pecten asper*, et l'on s'apercevra bientôt que tous ces fossiles se ressemblent à tel point qu'il n'existe encore que confusion à leur égard, quand tout le contraire a lieu au-dessus du trait marqué par d'Orbigny; car jamais personne, je pense, n'a confondu les *Ammonites peramplus*, *papalis*, *deverianus*, etc., comme on confond encore aujourd'hui les *A. rothomagensis*, *navicularis*, *Mantelli*, que d'Orbigny et M. d'Archiac n'ont jamais pu différencier d'une manière positive, pas plus dans

les marnes à ostracées que dans les dépôts inférieurs que nous venons de citer.

Il est inutile d'ajouter qu'il en est de même pour un grand nombre d'autres fossiles qui passent des marnes à ostracées dans la craie à *Scaphites æqualis* et même dans la craie à *Pecten asper*, et cela dans la proportion de 5 sur 10 au moins, tandis que ceux qui s'élèvent au-dessus de la division adoptée par d'Orbigny ne sont pas dans la proportion de 1 sur 20.

Appuyé de tous ces motifs, je repousse donc encore de toutes mes forces la nouvelle classification de M. Sæmann. Avant de terminer, je ferai une observation, puisque l'occasion s'en présente : je repousse non-seulement le nouveau turonien et le nouveau cénomanien proposés par M. Sæmann, mais j'en fais de même, d'une manière générale, pour tous les noms inconsidérément appliqués aux terrains, noms tellement multipliés aujourd'hui qu'il ne sera bientôt plus possible de se les rappeler.

N'est-il pas vrai, par exemple, que la craie désignée sous le nom de *craie jaune de Touraine*, est parfaitement blanche à Villedieu en Touraine, tandis qu'à 1 kilomètre à peine, à Poncé, c'est l'étage inférieur, la craie micacée de M. d'Archiac, la craie à *Ammonites papalis*, *Deverianus*, etc., qui présente au contraire de la craie d'un jaune bien prononcé. Quel nom adopterons-nous pour cet étage qu'un autre appelle, par cette raison sans doute, craie de Villedieu, qu'un troisième appelle cogniacien, que j'appelle moi-même craie de Saint-Fraimbault, puisque ce dépôt se trouve parfaitement caractérisé dans la Sarthe, que Dumont et d'Orbigny enfin font rentrer dans deux sénoniens différents?

N'est-il pas temps d'en finir avec ces noms multipliés à l'infini? Je reconnais assurément qu'ils ont pu être très utiles à la science à une certaine époque; mais ils ne peuvent plus aujourd'hui que l'entraver, la géologie ayant fait suffisamment de progrès, et étant maintenant assez mûre pour entrer dans une voie plus large et plus générale.

Puisqu'il est maintenant démontré que la paléontologie et la stratigraphie sont deux sœurs qui ne peuvent marcher sans se donner la main, qu'autrement elles s'exposent sans cesse aux plus graves erreurs, pourquoi la stratigraphie n'emprunterait-elle pas à la paléontologie, pour déterminer ses horizons géologiques, des noms beaucoup plus légitimes que des noms de localités, ou des noms basés sur des caractères minéralogiques toujours variables? Les noms empruntés à la paléontologie auraient au moins cet avantage précieux de constituer une langue universelle que l'on

comprendrait partout sans commentaires, et qui mettrait facilement en rapport les géologues de toutes les parties du globe.

Je demande donc de toutes mes forces, messieurs, que désormais il n'y ait plus que de grandes divisions géologiques telles que les terrains paléozoïques, jurassiques, crétacés, etc., subdivisées simplement en partie supérieure, moyenne et inférieure.

Que chacune de ces divisions principales soit constituée en un certain nombre de groupes bien déterminés par des fossiles en petit nombre et qu'on y rencontre partout ; que chacun de ces groupes enfin prenne le nom d'un ou de deux de ces fossiles, et que ce nom ne soit qu'une simple abréviation pour indiquer une faune caractéristique; qu'ainsi, par exemple :

1° La craie de Maëstricht, le calcaire pisolithique, le danien, le dordonien, soient désormais le groupe à *Hemipneustes radiatus* et *Baculites Faujasii* ;

2° Que l'upper chalk, les sénoniens Dumont et d'Orbigny, que la craie blanche, craie grise et glauconieuse dans le Nord, craie noire dans les Alpes, soient simplement le groupe à *Ananchytes ovata* et *Crania parisiensis* ;

3° Que le santonien, la craie à silex de Touraine, la craie à *Micraster brevis*, la glauconie de Vaels et de Visé, les sables et grès verts d'Aix-la-Chapelle, soient simplement le groupe à *Spondylus spinosus* et *Belemnitella quadrata* ;

4° Que la craie jaune de Touraine, la craie de Villedieu, le cogniacien, etc., soient le groupe à *Spondylus truncatus* et *Ostrea auricularis*, offrant à sa base un sous-groupe à craie saccharoïde, avec *Sphærulites ponsianus* et *Cidaris Mantelli* ;

5° Que le lower chalk, la craie micacée de Touraine, le tuffeau supérieur, la craie marneuse, soient le groupe à *Inoceramus problematicus* et *Rhynchonella Cuvieri* ;

6° Que les marnes à ostracées et les sables cénomaniens supérieurs, que les argiles tégulines, la craie à Ichthyosarcolites, les sables et les grès lignitifères de la Charente, soient simplement le groupe de l'*Ostrea biauriculata*, offrant à sa base deux sous-groupes : le premier avec *Caprina adversa*, le second avec *Ammonites navicularis* et *Archiacea sandalina* ;

7° Que le chalk-marl, la craie chloritée, la craie grise de Rouen, le cénomanien moyen, le rothomagien, etc., soient la craie à *Scaphites æqualis* et *Turrilites costatus* ;

8° Que l'upper green-sand, le cénomanien inférieur, la glauconie, le sable vert, soient le groupe à *Pecten asper* et *Nautilus elegans* ;

9° Que le gault, l'albien, etc., soient le groupe à *Belemnites minimus* et *Inoceramus sulcatus*, ou tout autre fossile caractéristique de cet horizon ;

10° Que le lower green-sand, l'aptien, le rhodanien, etc., soient le groupe à *Ostrea aquila* ;

11° Enfin que le néocomien devienne simplement, avec quelques subdivisions plus ou moins importantes, le groupe à *Ostrea Couloni* et *Toxaster complanatus*.

Alors la géologie ne sera plus, à mon avis, une science impossible ; ce sera, au contraire, une science facile pour tout le monde, et je suis convaincu qu'en n'attachant aux noms que je viens de citer que l'importance que j'y attache moi-même, celle, je le répète, d'être une simple abréviation commode pour désigner des faunes caractéristiques, nous serons cent fois mieux compris par les étrangers, et nous nous comprendrons aussi cent fois mieux nous-mêmes.

M. Hébert déclare qu'il n'a jamais, pour sa part, surchargé de noms nouveaux la classification géologique. Il ajoute que M. Triger ne lui semble pas avoir exactement rendu les idées de d'Orbigny au sujet de la classification de la craie.

M. Bayle approuve la pensée qui a inspiré M. Triger, quand il s'élève contre les terminologies nouvelles dont on abuse dans les études géologiques.

M. Cornuel fait une communication relative à des fossiles d'eau douce découverts dans le minerai de fer de la Haute-Marne.

M. Hébert rapporte des observations concordantes avec celles de M. Cornuel. Il établit en outre une comparaison entre les étages du terrain néocomien dans le Nord et dans le Midi de la France, et pense que les couches d'eau douce du bassin du Nord sont les représentants de l'étage néocomien moyen, si développé dans le Midi, sous le nom de calcaire à Dicérates.

Séance du 7 juin 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Le Président annonce ensuite neuf présentations.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le Ministre de la justice et des cultes, *Journal des savants*, mai 1858.

De la part de M. H. Abich, 17/29 janvier 1858. *Tremblement de terre observé à Tébriz en septembre* 1856, *notices physiques et géographiques de M. Khanykof, sur l'Azerbeidjan, communiquées par M. Abich* (extr. des *Mélanges physiques et chimiques*), in-8, pp. 359-368, 3 pl.

De la part de M. le professeur T.-A. Catullo, *Prospetto degli scritti publicati da Tomaso Antonio Catullo*, in-4, 285 p. Padova, 1857, chez Angelo Sicca.

De la part de M. Frédéric Cailliaud, *Observations sur les Oursins perforants, Supplément, octobre* 1857 (extr. des *Annales de la Société académique de Nantes*), in-8, 23 p. Nantes, chez veuve C. Mellinet.

De la part de M. G.-P. Deshayes, *Description des animaux sans vertèbres découverts dans le bassin de Paris*, 13e et 14e livraisons, pp. 481 à 552, pl. 59 à 68, in-4.

De la part de M. Graff, *Théorie générale des recherches sur les parties des filons rejetés par d'autres filons ou par des failles* (extr. des *Mém. de l'Acad. des sciences et lett. de Montpellier, sect. des sc.*, t. IV, 1858), in-4, 7 p., 1 pl. Montpellier....., chez Boehm.

De la part de M. Ch. Lory, *Compte-rendu d'une excursion à Sassenage, faite par les membres du Congrès scientifique de France, le* 6 *septembre* 1857, in-8, 26 p. Grenoble, 1858, chez Maisonville.

De la part de MM. F.-J. Pictet et Eugène Renevier, *Matériaux pour la paléontologie suisse. Description des fossiles du*

terrain aptien de la Perte-du-Rhône et des environs de Sainte-Croix, in-4, 184 p., 23 pl. Genève, 1854-1858, chez J. Kessmann.

De la part de M. J. Prestwich, *Geological map of the Thames prepared for the main drainage of the metropolis*, 1 f. obl. London, 4 févr. 1858.

De la part de don Guillermo Schulz, *Memoria que comprende los trabajos verificados en el año de* 1855, *por las diferentes secciones de la Comision encargada de formar el mapa geologico de la provincia de Madrid y el general del reino*, in-4, 151 p., 10 pl. et cartes. Madrid, 1858, imprimerie nationale.

De la part de MM. Viquesnel et Virlet d'Aoust, *Discours prononcés le* 29 *mars* 1858 *sur la tombe de M. Antoine-Adrien Paillette*, in-8, 7 p.

De la part de M. F. Lebrun, *Description des échantillons minéralogiques recueillis à Essey-la-Côte*, in-8, 118 p., 5 pl. Nancy, 1858, chez veuve Raybois et Ce.

De la part de M. Giambattista Barresi, *Dello aftalosio di Sicilia*, in-8, 19 p. Palerme, 1857, chez Fr. Lao.

De la part de M. G. Poulett Scrope, *The geology of extinct volcanos of central France*, 2e édit., in-8, 258 p., 2 cartes et 17 pl. Londres, 1858, chez John Murray.

De la part de M. Roberto Sava, *Esame del siderosio nel basalte di Palagonia*, in-8, 7 p. Messine, 1857, chez Amico Arena.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 20 à 22.

Bulletin de la Société de géographie, 4e série, t. XV, no 88, avril 1858.

Annuaire de la Société météorologique de France, t. V, 1857, 2e partie, *Bulletin des séances*, f. 18-24.

L'Institut, 1858, nos 1272 à 1274.

Mémoires de la Société d'agriculture, sc. et arts d'Angers, 2e sér., VIIe et VIIIe vol.

Mémoires de la Société académique de Maine-et-Loire, IIe volume.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse, no 143.

Société académique des Hautes-Pyrénées, 4e année, 1856-1857. *Bulletin* n° 2.

14e *année. Résumé des observations recueillies en* 1857 *dans le bassin de la Saône par les soins de la Commission hydrométrique de Lyon*, in-8.

The Athenæum, 1858, nos 1596 et 1597.

Revista minera, t. IX, 1858, nos 192 et 193.

O archivo rural, n° 1, 1° anno, maio 5, 1858, in-8. Lisbonne, 1858.

M. Michelin présente à la Société deux rapports faits au Corps législatif, relativement aux collections de M. Alcide d'Orbigny et du prince de Canino.

M. Ch. Laurent communique l'extrait suivant d'une lettre que lui a écrite de Naples M. Mauget, directeur du forage artésien :

Naples, 1er juin 1858.

« Nous sommes entourés de phénomènes magnifiques, mais malheureusement trop souvent terribles dans leurs effets. Lundi 24 mai, deux secousses de tremblement de terre ; jeudi, une trombe terrestre enlève une vingtaine d'arbres de la Villa-Reale et respecte notre baraque de sondage ; à huit heures du matin, une trombe marine apparaît vers la pointe de Pausilippe. Enfin, le même jour, le Vésuve vomit sa lave à flots dans six différentes directions. Toute la montagne est embrasée aujourd'hui. Cette éruption est une des plus belles que l'on ait vues. La lave arrivait ce matin dans le bas du Fosso-Grande, et, d'un autre côté, elle commençait à envahir et à dévaster les propriétés et fermes qui surmontent Resina et Portici. Ces deux points sont sérieusement menacés. »

La même lettre annonce un nouvel accroissement dans le volume d'eau fourni par le puits artésien du palais du Roi. Le débit atteint aujourd'hui 1733 litres d'eau par minute (1).

---

(1) Le volume d'eau fourni par le puits de Grenelle, après avoir atteint, dès le début, plus de 2700 litres par minute (Note de M. Arago dans les *Comptes rendus*, tome XII, page 401), et avoir subi, comme on sait, de grandes variations, est actuellement de 660 litres à la cuvette supérieure, et du double environ au niveau du sol de l'abattoir.

Enfin, un second forage, entrepris par MM. Degousée et Ch. Laurent, sur un autre point de la ville de Naples (la Villa-Reale), situé seulement à 3 mètres au-dessus du niveau de la mer, se poursuit avec activité, et tout fait espérer qu'avant un mois le résultat sera atteint et l'eau jaillissante obtenue.

M. Deshayes donne lecture de la lettre suivante qui lui a été adressée par M. de Saint-Marceaux :

Limé (Aisne), 1er juin 1858.

Monsieur,

Avant de publier le supplément aux coquilles fossiles décrites dans les grands ouvrages dont vous avez doté les sciences naturelles, vous avez exploré, avec beaucoup de soin, les sables inférieurs du bassin de Paris, qui se trouvent sur les bords de la Vesle, à Brimont, Trigny, Châlons-sur-Vesle, etc.

Précédemment, M. Melleville (de Laon) avait fait connaître un assez grand nombre de nouveaux fossiles provenant des mêmes localités.

Après d'aussi persévérantes recherches, je n'espérais rien trouver qui fût digne d'intérêt : cependant j'ai glané, j'ai suivi vos traces, quelquefois je m'en suis éloigné, et j'ai rencontré, sur le territoire de la commune de Jonchery, un amas de coquilles fossiles marines et terrestres, si rares et si nouvelles, que je ne puis résister au désir de vous les signaler.

Si modeste que soit la forme de cette communication, veuillez l'agréer comme un hommage rendu à un des savants dont s'honore la France.

Liste de 125 espèces de coquilles fossiles trouvées dans la région des sables inférieurs des bords de la Vesle, département de l'Aisne, adressée à M. Deshayes, 1er juin 1858.

> Il faut dresser, dans des catalogues, aussi exacts que possible, la liste des fossiles de tous les terrains.
>
> PICTET, p. 100, t. I.

Numéros de ma collection.	NOMS DES GENRES ET DES ESPÈCES.	Du supplément publié par M. Deshayes, pages :
* 1	*Teredina Oweni*, Desh. — Rare	150
* 2	*Panopœa remensis*, Desh. — Rare et fragile	181
3	*Corbulomya antiqua*, Desh. — Rare	209
4	*Corbula regulbiensis*, Morris. — Assez rare	228
5	*Id. blanguluta*, Desh. — Très fragile	231
* 44	*Mactra?*, nov. sp.. — Très fragile, une seule valve	»
6	*Psammobia consobrina*, Desh. — Commune	373
50	*Id.?*. — Cette coquille, très rare, est plus petite que la *Psammobia debilis*, et constitue, je crois, une nouvelle espèce	»
* 79	*Id.?*. — Espèce encore plus petite que la précédente	»
* 85	*Donax?*, nov. sp — Très rare et très fragile	»
8	*Cytherea fallax*, Desh. — Rare et fragile	473
9	*Id. suborbicularis*. — Rare et fragile	475
* 7	*Cyrena angusta*, Desh.	499
15 et 16	*Id. veneriformis*, Desh. — Commune	514
91	*Id. intermedia*, Desh. — Commune	525
* 21	*Pisidium cardiolum*, Desh. — Très rare	
11	*Lucina Prevosti*, Desh — Commune	
100	*Id. prona*, Desh. — Rare	
10 et 12	*Id. uncinata*	
32	*Id. scalaris*, Defrance. — Commune	
* 17	*Id.*, nov. sp. — Rare	
* 19 et 20	*Diplodonta fragilis*, Desh. — Rare	
* 12 et 22	*Id. inæqualis*, Desh. — Très rare	
* 101	*Id. consor??*. — Très rare	
29	*Cardium Basini*, Desh. — De différents âges; commun	
* 30 et 31	*Id. tripartitum*, Desh. — Rare	
36 et 107	*Id. Edwardsi*, Desh. — Commune	
* 102	*Id. semistriatum*, Desh. — Rare	
106 et 14	*Arca lævis*, Mell. — Peu rare	
105	*Id.*, nov. sp.?. — Rare	
* 103	*Id.*, nov. sp. — 45 millimètres sur 25	
* 13	*Cucullea crassatina*, Lamk. — Rare	
24, 25, 26, 27	*Pectunculus terebratularis*, Lamk. — Commun	
* 28	*Id.*, nov. sp.?	
35	*Nucula fragilis*, Desh. — Assez rare	
33	*Modiola*, nov. sp. — Très fragile	
23	*Id.*, nov. sp. — Très fragile	
108	*Mytilus Antinous?* — Fragile	
* 104	*Avicula*. — Très fragile	
39	*Gryphæa eversa*, Mell. — Commune	
37	*Ostrea*, nov. sp. — Commune	
34	*Id.*, nov. sp. — Assez rare	
110 et 109	*Id.*, nov. sp.?. — Assez rare	
38	*Id. punctata*, Mell. — Commune	
* 111	*Patella*. — Très rare, un seul exemplaire	
* 112	*Id. Marcoauxi*, Desh. — Unique, bel exemplaire de 46 millimètres sur 44	

Numéros de ma collection.	NOMS DES GENRES ET DES ESPÈCES.	Du supplément publié par M. Deshayes, pages:
* 113	*Pileopsis*, nov. sp. — Très rare.	
114	*Bulla cincta*, Desh. — Commune.	
* 114	*Id. multistriata*, Desh. — Rare.	
* 115	*Helix joncheryensis*, Très rare	
* 51	*Id.* — Très rare.	
* 45	*Id.* — Très rare.	
* 106	*Volvata? Cyclostoma?*. — Très rare.	
* 73	*Bulimus*, nov. sp — Très rare.	
* 73 *bis*.	*Id.*, nov. sp. — Rare.	
* 74	*Auricula Dentiens*. — Très rare	
* 75	*Id.*, nov. sp. — Très rare.	
* 76	*Id.*, nov. sp. — Très rare.	
* 77	*Id.*, nov. sp. — Très rare.	
* 117	*Id.*?, nov. sp. — Rare.	
* 118	*Cyclostoma?*, nov. sp. — Unique.	
* 72	*Melania? inopinata*, Desh. — Rare.	
68 et 69	*Melanopsis buccinulum*. — Commun.	
70	*Id.*, nov. sp. ?. — Commune.	
47	*Neritina lineolata*, Desh. — Commune.	
48 et 49	*Id. ornata*. — Commune.	
119	*Id. vicina?* Mellev. — Très fragile.	
* 120	*Nerita? crassula*, Desh. — Rare.	
40	*Natica*, nov. sp. — Très fragile.	
42 et 43	*Id. infundibulum*, Wat. — Fragile.	
41	*Id.*, nov. sp. — Fragile.	
46	*Id.*, nov. sp.?. — Fragile.	
121	*Id.*, nov. sp. — Fragile.	
122	*Id.*, nov. sp. — Fragile.	
71	*Tornatella biplicata*, Mellev. — Commune.	
* 123	*Id. elegans*, Mellev. — Très rare.	
* 124	*Megaspira turella*, Desh. — Très rare.	
* 125	*Scalaria Bowerbanki*, Morris. — Très rare.	
* 126	*Solarium granulatum*, Mellev. — Très rare	
* 127	*Bifrontia*. — Rare.	
* 128	*Turritella*, nov. sp.? — Cette coquille, de 42 millimètres de long, est usée comme celle des faluns de la Touraine.	
* 96	*Cerithium semicostatum*, Desh., en fragments. — Très rare.	
* 53	*Id*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
52	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
54	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
55	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
57	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 58	*Id.*, nov. sp. — Très rare, incomplet.	
* 59	*Id.*, nov. sp. — Très rare, incomplet.	
* 56	*Id.*, nov. sp. — Très rare, incomplet.	
60	*Id. goniophorum*, Desh. — Rare.	
* 61	*Id.*, nov. sp. — Très rare, incomplet.	
* 62	*Id.*, nov. sp. — Très rare, incomplet.	
63	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 64	*Id.*, nov. sp. — Très rare, incomplet.	
65	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
66	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet	
67	*Id. Brimonti*, Desh. — Rare.	
* 129	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 130	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 131	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 132	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 133	*Id.*, nov. sp. — Rare, incomplet.	
* 93	*Pleurotoma*, nov. sp. — Très rare, 60 millimètres sur 20.	
* 94	*Id.* — Petite espèce très fragile.	
* 95	*Id.* Autre petite espèce très fragile.	
* 134	*Fusus Mariæ*, Mellev. — Très rare et fragile.	
82	*Id. plicatellus*, Mellev. — Assez commun.	
* 135	*Pyrula tricostata?*, Desh. — Très rare.	

Numéros de ma collection.	NOMS DES GENRES ET DES ESPÈCES.	Du supplément publié par M. Deshayes, pages :
* 136	*Pyrula tricostata?*, Desh. — Petite espèce très rare. . . .	
* 137	*Murex*, nov. sp.? en fragments. — Très rare.	
* 86	*Triton Lejeunii*, Mellev. — Très rare.	
* 87	*Id.*, nov. sp. — Très rare.	
* 88	*Id.*, nov. sp ? — Très rare.	
* 89 et 92	*Rostellaria Marceauxi*, Desh. — Un seul bon exemplaire de 64 millimètres sur 28. J'ai un fragment de la même espèce qui indique une longueur de 90 millimètres environ.	
* 90	*Id. analoga*, Desh. — Charmante petite espèce, qui a : longueur, 12 millimètres ; largeur, 10. Très rare. . . .	
83	*Pseudoliva fissurata*, Desh. — Assez commune, fragile. . .	
84	*Buccinum*, nov. sp. — Assez commune, fragile.	
* 80 et 81	*Voluta depressa*, Lamk. — Rare.	
* 138	*Cypræa antiqua*, Desh. — Un seul exemplaire.	
* 78	*Marginella?*. — Rare.	
* 139	*Pupa*, nov. sp. — Un seul exemplaire.	
* 140	*Clausilia?*, nov. sp. — Charmante petite coquille très rare.	
97	*Serpula*. — Rare et fragile.	
141	Polypiers de plusieurs espèces. — Rares.	
* 99	Vertèbres et ossements de Poissons. — Très rares.	
98	Dents de Squale. — Assez rares.	
* 142	Coprolites ? ??. — Rarissime.	

Nota. — Cette liste subira de nombreuses modifications au fur et à mesure des publications de votre supplément.

Les numéros précédés d'un astérisque sont les especes dont je ne possède pas d'exemplaires à donner.

Jonchery est du même horizon fossilifère que Bracheux (Oise).

La sablière où j'ai trouvé les fossiles dont précède la liste est située à environ 307 mètres vers l'est de la commune de Jonchery (Marne); elle est peu élevée au-dessus du niveau de la rivière de la Vesle ; elle doit être assez voisine du banc de craie qui constitue le sol de la Champagne ; enfin elle forme un petit mamelon éloigné des montagnes dont la chaîne se prolonge sur le département de l'Aisne.

A cet endroit, les coquilles ne sont pas déposées comme dans la plupart des sables de cette nature ; au lieu d'être disséminées selon les couches formées par l'accroissement et le retrait des eaux, elles sont comme enfouies dans une espèce d'entonnoir qui les aurait reçues confondues les unes avec les autres. Cette circonstance a été heureuse pour la conservation des petites espèces qui se sont trouvées logées dans l'intérieur des grandes et fortes coquilles ; ainsi protégées, elles ont traversé bien des siècles pour, au moment de leur exhumation, nous ouvrir un des feuillets du livre de la Genèse.

Cette sablière, quoique peu grande, durera encore longtemps, mais le dépôt coquillier qu'elle contient paraît bien près d'être épuisé; espérons que la ligne du chemin de fer qui doit s'ouvrir, entre Reims et Fismes, mettra à découvert de nouvelles richesses géologiques.

M. de Verneuil lit la note suivante de M. Ponzi :

Note sur les diverses zones de la formation pliocène des environs de Rome; par M. le professeur Ponzi.

La formation pliocène, dans l'Italie centrale, a été illustrée pour la première fois par le savant Brocchi; mais il y a dans notre science géologique des travaux de patience tellement minutieux, qu'ils ne peuvent être accomplis avec exactitude que par des géologues locaux. C'est ce qui est arrivé pour les bassins de Paris, de Vienne, comme pour le crag d'Angleterre, etc., etc., dont l'étude a été portée à un point de perfection que nous sommes bien loin d'égaler en Italie à l'égard de nos terrains tertiaires. Persuadé de cette vérité, il y a déjà des années que j'ai entrepris l'étude stratigraphique et paléontologique de la formation pliocène des environs de Rome.

Dans l'année 1854, un catalogue des coquilles fossiles du monte Mario a été publié par M. le comte de Rayneval, M. Vanden-Hecke et moi. Ce catalogue devait servir de base aux études successives que nous nous proposions de faire; mais la mort du comte de Rayneval, dont la perte est regrettée par tous ceux qui cultivent notre science, a fait échouer tous nos projets. Le catalogue des fossiles des marnes du mont Vatican, qui était presque terminé, reste encore inédit. Ce sont des marnes qui forment un vrai passage entre le miocène et le pliocène, et qui renferment une faune tout à fait spéciale. En attendant, je n'ai jamais cessé de travailler et de faire des observations sur les différentes localités fossilifères des environs de Rome, et je suis parvenu à établir la position stratigraphique de six différentes zones bien caractérisées par les fossiles que j'y ai recueillis et par leur ordre de superposition.

Pour l'intelligence de la description de mes six zones fossilifères pliocènes, je crois utile de rappeler à mes lecteurs que notre formation pliocène est toujours composée d'un grand dépôt de marnes, sur lequel repose, en stratification concordante, 1° une succession de bancs de sables jaunes, tantôt pulvérulents, tantôt à l'état de grès, plus ou moins durcis par un ciment calcaire, et

2° des conglomérats de cailloux roulés, de roches apennines qui, çà et là et par lambeaux, sont superposés aux sables (voyez fig. 4).

Comme je l'ai déjà énoncé, la première zone fossilifère est dans les assises inférieures des marnes; la seconde dans leurs assises supérieures, et les trois autres, qui suivent toujours de bas en haut, sont dans les sables jaunes; enfin, la sixième dans les conglomérats. Les corrélations stratigraphiques de ces six zones fossilifères sont prouvées par les coupes naturelles que j'ai exécutées avec toute l'exactitude possible et que je joins à cette note.

Les marnes de la première zone (fig. 1 *a*) ont été mises à découvert, au Vatican, par une coupe artificielle, appelée *cava Vannutelli*, qui sert à les exploiter pour la fabrication des briques. Toutes leurs assises inférieures sont très fossilifères jusqu'à peu près de la moitié de leurs puissance totale, pendant que les assises supérieures sont complétement dépourvues de restes organiques. Au contraire, à Formello, près de Monticelli, on trouve la deuxième zone (fig. 3 *b*) très fertile en fossiles, comme aussi les assises inférieures des sables jaunes (*c*) qui y représentent ma troisième zone.

La même zone, troisième, est très bien développée à Corneto, dans la vallée de la rivière Marta, où elle contient les mêmes espèces fossiles qu'à Formello (fig. 2 *c*). En suivant la coupe (fig. 2) jusqu'à la vallée du Mignone, on rencontre la zone quatrième qui affleure aux sommets des collines, et on peut la suivre jusqu'à l'escarpement qui est du côté de la rivière. Les espèces fossiles qui caractérisent la zone troisième, de Corneto, sont exactement identiques avec celles de la zone troisième, de Orvieto et de Vitriano, près de Tivoli, pendant que les espèces fossiles de la zone quatrième, du Mignone, sont identiques avec celles de la même zone, à monte Mario.

C'est à monte Mario que la zone quatrième étale ses richesses paléontologiques. Nous y avons recueilli les 272 espèces que nous avons publiées. En suivant la coupe de monte Mario jusqu'à Acquatraversa, on trouve de nouveau la zone quatrième, au-dessus de laquelle s'échelonnent la zone cinquième (fig. 1 *e*) avec ses fossiles caractéristiques, et enfin les conglomérats (*f*) de la zone sixième, qui sont à leur tour recouverts par les tufs organiques de la campagne de Rome.

J'ai cherché, en étudiant la collection de M. le comte de Rayneval et la mienne, à former une liste des fossiles de chaque zone, en choisissant les espèces les plus caractéristiques. Cela suffira

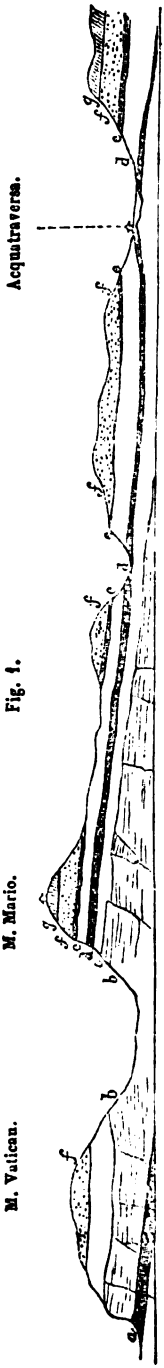


Fig. 1.

a. Marnes inférieures, 1re zone. — *b*. Marnes supérieures. — *c*. Sables inférieurs. — *d*. Sables moyens, 4e zone. — *e*. Sables supérieurs, 8e zone. *f*. Conglomérats, 6e zone. — *g*. Tufs volcaniques.

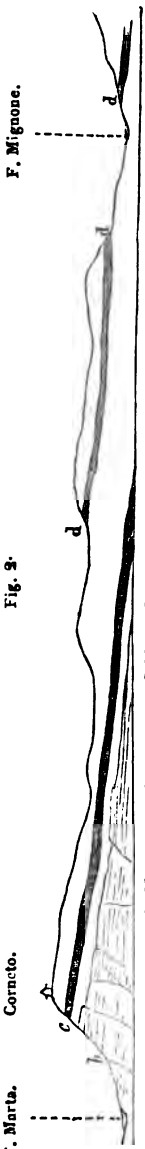


Fig. 2.

b. Marnes supérieures. — *c*. Sables inférieurs, 3e zone. — *d*. Sables moyens, 4e zone.

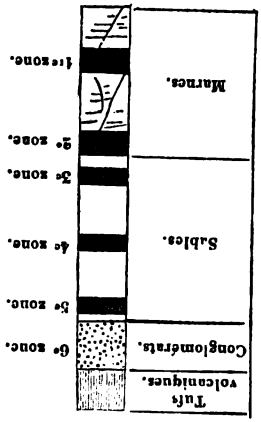


Fig. 4.

Fig. 3.

b. Marnes supérieures, 2e zone. — *c*. Sables inférieurs, 3e zone.
Y. Jurassique.

pour le moment à l'intelligence de mes lecteurs. Je me propose d'en publier le plus tôt possible le catalogue entier. Les fossiles de la première zone du Vatican sont :

Argonauta biarmata, nob., n. s.
Pecten rimulosus, Phil.
— *cristatus*, Bronn.
— *Philippi*, Michelotti.
— *antiquatus*, Phil.
— *fimbriatus*, Phil.
Cleodora pyramidata, Rangh.
— *Riccioli*, Caland.
— *subulata*, Rangh.
Cuvieria columnella, Rangh.
Dentalium lævigatum, nob., n. s.
— *Noe*, Sism.
Phorus infundibulum, Broc.
Cassidaria echinophora, Lin.
Conus antidiluvianus, Broc.
Solemya solida, nob., n. s.
Pholadomya vaticana, nob., n.s.
Sindosmya longicallis, Phil.
Limopsis aurita, Broc.
Leda Bonelli, nob., n. s.
— *dilatata*.
Ostrea corrugata, nob., sp. n.
Nucula rugosa, nob., sp. n.
Cidaris remiger, nob., s. n.
Hemiaster Vaticani, nob., s. n.
Flabellum Vaticani, nob., s. n.
Trochocyathus umbrella, nob., s. n.

A la deuxième zone de Formello appartiennent :

Cytherea multilamella, Lk.
Venus islandicoides, Agass.
Arca diluvii, Lk.
Chama asperella, Lk.
Pecten cristatus, Bronn.
— *pusio*, Lk.
Ostrea.?
Terebratula ampulla, Broc.
Vermetus glomeratus, Biron.
Turritella subangulata, Broc.
Cerithium vulgatum, Brugh.
Dentalium elephantinum, Broc
Pleurotoma dimidiata, Broc.
Buccinum cime, nob., n. s.
— *semistriatum*, Sism.
Schizaster Parkinsonii, Agass.?

A la troisième zone de Corneto :

Pecten latissimus, Broc.
— *opercularis*, Broc.
— *varius*, Lin.
— *Jacobæus*, Lin.
— *flabelliformis*, Broc.
— *pes felis*, Lin.
Spondylus gœderopus, Lin.
Ostrea foliosa, Broc.
— *cristata*, Poli.?
Hinnites Cortesi, Defr.
Pectunculus poliodontus, Broc.
Modiola lithophaga, Lin.
Venus senilis, Broc.
Terebratula ampulla, Broc.
Terebratulina caput serpentis, Lin.
Balanus tintinnabulum, Lin.

La quatrième zone de monte Mario comprend :

Panopæa Faujasi, Men.
Mactra triangula, Ren.
Corbula striata, Flem.
Astarte incrassata, Broc.
Cytherea multilamella, Lk.
Cardium rusticum, Lin.
— *aculeatum*. Lin.
— *multicostatum*, Broc.

Cardium hians, Broc.
Cardita sulcata, Brugh.
Arca mytiloides, Broc.
— *tetragona*, Poli.
Pectunculus insubricus, Broc.
— *obliquatus*, nob., n. s.
Chama squamata, Desh.
Mytilus galloprovincialis, Lk.
Pecten Jacobæus, Lin.
— *glaber*, Chemn.
— *polymorphus*, Bronn.
— *testæ*, Biron.
— *opercularis*, Lin.
— *pes felis*, Lin.
— *varius*, Lin.
— *pusio*, Lk.
— *coarctatus*, Broc.
Ostræa edulis, Lin.
— *foliosa*, Broc.
Terebratula ampulla, Broc.
Pileopsis hungarica, Lk.
Brocchia sinuosa, Bronn.
Niso terebellum, Chemn.
Natica olla, De Ser.
Natica tigrina, Defr.
— *sordida*, Swains.
Vermetus gigas, Biv.
Scalaria communis, Lk.
Fossarus costatus, Broc.
Solarium stramineum, Gm.
Trochus conulus, Lin.
— *obliquatus*, Lin.
— *patulus*, Broc.
Phorus crispus, Konig.
Turritella tricarinata, Broc.
— *tornata*, Broc.
Cerithium vulgatum, Brugh.
Cancellaria cancellata, Lin.
Murex brandaris, Lin.
Chænopus pes pelirani, Lin.
Buccinum polygonum, Broc.
— *prismaticum*, Broc.
— *semistriatum*, Broc.
Ringicula auriculata, Men.
Cypræa coccinella, Lk.
Dentalium elephantinum, Broc.
— *coarctatum*, Broc.
Balanus vulgaris, Da Lopa.

Viennent de la cinquième zone d'Acquatraversa :

Solen siliqua, Lin.
Mactra stultorum, Lin.
— *triangula*, Ren.
Donax trunculus, Lin.
— *semistriata*, Poli.
Astarte incrassata, Broc.
Cytherea multilamella, Lk.
Venus senilis, Broc.
— *Chione*, Lin.
Corbis lamellosa, Lk.
Cardium rusticum, Lin.
— *aculeatum*, Lin.
— *sulcatum*, Lk.
— *hians*, Broc.
— *Deshayesii*, Payr.
Arca mytiloides, Broc.
Lœda emarginata, Lk.
Pectunculus glycimeris, Lk.
Chama squamata, Desh.
Anomya ephippium, Lin.
Pecten coarctatum, Broc.
— *varius*, Lin.
— *opercularis*, Lin.
— *Jacobæus*, Lin.
Ostrea foliosa, Broc.
— *edulis*, Lin.
Natica olla, De Serr.
— *millepunctata*, Lk.
Scalaria communis, Lk.
Turritella tricarinata, Broc.
Cerithium tricinctum, Broc.
— *mamillatum*, Ris.
Ringicula auriculata, Men.
Buccinum prismaticum, Broc.
Dentalium elephantinum, Broc.
Lithodendron multicaulis, Mich.

La sixième zone ne contient pas de coquilles, mais des ossements roulés de l'*Elephas primigenius*, Blum. Ces animaux ne

sont pas exclusifs à cette zone, puisqu'on les rencontre aussi dans les marnes pliocènes. L'année passée on a découvert près de Rignano, dans les marnes de la deuxième zone, exploitées pour la fabrication de briques, le squelette entier d'un Éléphant, évidemment de l'espèce *primigenius*. Près de Grottamare, sur l'Adriatique, il y a quelque temps que le comte Spada, le professeur Orsini et moi, nous avons trouvé dans les sables jaunes un grand dépôt d'ossements appartenant à la même espèce; et à Acquatraversa, près de Rome, type de la sixième zone, on a retiré des cailloux roulés, un grand nombre de fragments de têtes et de mâchoires avec des dents, toujours du même Éléphant. Les débris de cette nature augmentent en quantité très remarquable dans les sédiments pleistocènes, où on les retrouve associés à des ossements de l'*Elephas meridionalis*, Nesti, de Rhinocéros, d'Hippopotames, Bœufs, Cerfs et Chevaux.

Parmi tous ces restes, je n'ai jamais vu l'*Elephas priscus*, Goldf., de manière que je crois que la belle et ingénieuse théorie de M. Lartet pourrait subir une modification, c'est-à-dire que sans nier la migration en Asie de l'*Elephas primigenius*, pour donner origine à l'Éléphant asiatique, on pourrait dire que cette même espèce a passé les Alpes et habité certaines contrées de l'Italie, où elle se serait éteinte, pendant que l'*Elephas priscus* s'est transporté en Afrique pour donner naissance au type africain actuel.

Du reste, j'ai remarqué que parmi les coquilles caractéristiques il y a dans chaque zone quelques espèces prédominantes et représentées par un très grand nombre d'individus. Ainsi, dans les couches marneuses de la première zone, au Vatican, on trouve une quantité immense de *Cleodores*, de *Pecten rimulosus*, de *Pholadomya vaticana*, de *Flabellum vaticanum*, etc. Dans la deuxième zone, c'est le *Pecten cristatus* qui prédomine, ainsi que le *Buccinum semistriatum*, le *Vermetus glomeratus*, le *Dentalium elephantinum*, etc. Dans la troisième zone, à Corneto, c'est le *Pecten flabelliformis*, le *Pecten latissimus*, l'*Hinnites Cortesi*, le *Pectunculus polyodontus*. Dans la quatrième zone, à monte Mario, c'est la *Mactra triangula*, la *Corbula striata*, le *Cardium hians*, le *Pectunculus insubricus*, etc. Dans la cinquième zone, *Ostrea edulis*, le *Cardium rusticum*, le *Donax truncatus*, l'*Anomya ephippium*, etc.

On peut déduire de l'examen comparatif de nos collections des faits très importants, c'est-à-dire 1° que pendant qu'un certain nombre d'espèces ont un gisement exclusif dans une des zones, il y en a d'autres qui passent d'une zone à l'autre; 2° que le nombre des espèces qui ont émigré dans des mers plus ou moins éloignées

va toujours en diminuant dans la succession des zones; mais cette diminution d'espèces est compensée par l'augmentation graduelle du nombre des espèces vivantes, de manière que dans la zone sixième presque toutes les espèces sont les mêmes que celles qui vivent actuellement dans la Méditerranée ou dans l'Adriatique.

Ces changements graduels, qui deviendront évidents lorsque je publierai le catalogue complet des fossiles des différentes zones, sont la preuve la plus certaine du changement lent et graduel qu'a subi notre climat pendant la formation des dépôts pliocènes.

M. de Verneuil ajoute, à la suite de cette communication, quelques détails sur la constitution géologique des montagnes de Monticelli, qui s'élèvent au-dessus de la campagne romaine qu'il vient de visiter récemment; il dit que les fossiles qui ont été découverts par M. l'abbé Rusconi doivent les faire rapporter au terrain jurassique (lias et terrain oxfordien).

M. Hébert demande quelques renseignements sur le gisement véritable des débris d'Éléphants aux environs de Rome.

M. de Verneuil lit en réponse une lettre de M. Pentland; ce savant lui écrit qu'à Rignano ces ossements se trouvent dans les couches marneuses marines de la base du terrain pliocène; d'autres se rencontrent dans les tufs volcaniques remaniés, antérieurs aux tufs volcaniques sub-aériens.

M. Nérée Boubée fait observer qu'il a toujours considéré les terrains dits pliocènes comme n'appartenant pas aux terrains tertiaires, mais comme des terrains post-diluviens; il considère la découverte des restes d'Éléphants, dont on vient de parler, comme un argument en faveur de son opinion.

M. de Verneuil répond que près de Rome on trouve le diluvium sur le terrain pliocène soulevé et incliné.

M. Deshayes fait remarquer que la faune des couches pliocènes est parfaitement caractéristique, et les fait ranger nécessairement dans le terrain tertiaire.

M. Albert Gaudry ajoute que les terrains pliocènes de l'Astésan, de la Grèce, etc., ne peuvent pas plus être considérés comme diluviens ou post-diluviens que les terrains tertiaires du bassin de Paris.

M. Martin envoie un Mémoire sur le lias inférieur de la Côte-d'Or et de l'Yonne.

Séance du 21 *juin* 1858.

PRÉSIDENCE DE M. VIQUESNEL.

M. A. Laugel, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la dernière séance, dont la rédaction est adoptée.

Par suite des présentations faites dans la dernière séance, le Président proclame membres de la Société :

MM.

Baude (Alphonse), inspecteur général des ponts et chaussées, rue Royale-Saint-Honoré, 13, présenté par MM. Sainte-Claire Deville et Paul Michelot;

Blache (Noël), au Pont-du-Las, à Toulon (Var); à Paris, à Sainte-Barbe, présenté par MM. Collomb et Hébert;

Bonjour, conservateur du Musée d'histoire naturelle, à Lons-le-Saulnier (Jura), présenté par MM. Coquand et Bayle;

Deullin (Eugène), banquier, à Épernay (Marne), présenté par MM. Dutemple et Hébert;

Goubert, membre de la Société botanique de France, rue Saint-Sulpice, 25, à Paris, présenté par MM. Lortet et Hébert;

Langlois (Léopold), conservateur du cabinet d'histoire naturelle, à Cherbourg (Manche), présenté par MM. Bonissent et Viquesnel;

Rey (Emmanuel-Guillaume), rue Lavoisier, 10, à Paris, présenté par MM. de Verneuil et Delesse;

Stoppani (l'abbé Antoine), conservateur de la bibliothèque Ambrosienne, à Milan, présenté par MM. Omboni et Cornalia;

Webb (George-Jones), à Llanelly [(pays de Galles) Angleterre], présenté par MM. de la Roquette et de Verneuil.

Jaubert (le comte), ancien ministre, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 67, à Paris, et au domaine de Givry, par Jouet-sur-l'Aubois (Cher), ancien membre, est admis, sur sa demande, à faire de nouveau partie de la Société.

DONS FAITS A LA SOCIÉTÉ.

La Société reçoit :

De la part de M. le directeur du Dépôt de la guerre, 21e livraison de la *Carte de France au* $\frac{1}{80000}$.

De la part de M. Virlet d'Aoust :

1° *Nouvelles observations sur le métamorphisme normal*, pp. 119-129.

2° *Observations sur un terrain d'origine météorique ou de transport aérien qui existe au Mexique*, etc., pp. 129-139.

3° *De la formation des oolithes et des masses nodulaires en général*, pp. 187-205 ;

Ces trois notes extraites du *Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XV, 1857-1858.

De la part de M. Achille de Zigno :

1° *Prospetto dei terreni sedimentarii del Veneto*, in-8, 12 p.

2° *Del terreno carbonifero delle Alpi Venete*, in-8, 8 p.

3° *Sulla paleontologia della Sardegna del Cav. Gius. Meneghini*, in-8, 12 p. ;

Ces trois notes extraites du vol. III, sér. 3, des *Atti dell' Istituto Veneto*.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 1858, 1er semestre, t. XLVI, nos 23 et 24.

Tables des Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, 2e sem. de 1857, t. XLV.

Société imp. et centrale d'agriculture.—Bulletin des séances, 2e série, t. XIII, n° 3, 1858.

L'Institut, 1858, nos 1275 et 1276.

Réforme agricole, par M. Nérée Boubée, n° 113, 11e année, mai 1858.

The quarterly journal of the geological Society of London, vol. XIV, part. 2, may 1, 1858, n° 54.

Revista de los progresos de las ciencias exactas fisicas y naturales, t. VIII, n° 5, mai 1858.

Revista minera, t. IX, n° 194, 15 juin 1858.

O archivo rural, n° 2, 1° anno, maio 20, 1858.

The Canadian Journal of industry, science and art, nouv. sér., n° 15, mai 1858.

El nacional argentino, 11 numéros de février et mars 1858.

Le Trésorier présente l'état de la caisse au 31 mai dernier :

Il y avait en caisse au 31 décembre 1857. .	2,147 fr.	25 c.
La recette, depuis le 1er janvier 1858, a été de.	7,266	89
Total. . .	9,414	14
La dépense, depuis le 1er janvier 1858, a été de.	8,232	85
Il restait en caisse au 31 mai 1858	1,181 fr.	29 c.

M. Lartet présente les observations suivantes à l'occasion d'un mémoire de M. Ponzi lu dans la séance précédente :

Observations de M. Lartet à propos des débris fossiles de divers Éléphants dont la découverte a été signalée par M. Ponzi, aux environs de Rome.

A la dernière séance de la Société, M. de Verneuil a lu un Mémoire de M. Ponzi sur le terrain pliocène des environs de Rome. Dans un résumé très bien fait, le savant professeur divise le terrain en six assises ou zones fossilifères dont il établit la distinction tant par leurs caractères paléontologiques que par leur ordre de superposition représentée dans une série de coupes démonstratives jointes au Mémoire.

Après avoir donné une liste des coquilles marines afférentes à chacune des zones fossilifères, M. Ponzi ajoute que l'on a trouvé, à trois niveaux différents, des ossements de mammifères qui lui ont paru rapportables à l'*Elephas primigenius*, particulièrement un squelette entier découvert l'année dernière à Rignano, dans les marnes de la deuxième zone qui correspond aux assises inférieures du terrain sub-apennin des géologues. La rencontre d'un squelette d'*Elephas primigenius* dans des couches de cet âge, évidemment non remaniées, serait un fait inattendu et en contradiction avec tout ce qui a été observé jusqu'à présent en Europe, où les restes de cette espèce d'Eléphant ne se sont encore montrés que dans les dépôts plus récents de l'époque quaternaire. Aussi M. Ponzi, désirant donner à son observation le degré de certitude convenable pour la faire accepter dans la science, a-t-il bien voulu confier à M. de Verneuil des modèles en plâtre obtenus par

l'estampage de la couronne des molaires de l'Éléphant trouvé à Rignano.

En comparant ces modèles, que je mets sous les yeux de la Société, à diverses dents d'Éléphants fossiles, nous avons pu, M. de Verneuil et moi, nous convaincre que les dents de Rignano diffèrent notablement de celles de l'*Elephas primigenius*, par un plus grand écartement de leurs lames verticales dont l'émail a plus d'épaisseur, ce qui rend beaucoup plus considérable l'espace occupé par le même nombre de lames sur la surface triturante de ces molaires. Nous avons ensuite reconnu qu'elles se rapprochaient davantage des molaires d'une autre espèce d'Éléphant fossile encore peu connu, *E. antiquus*, dont M. Falconer a parfaitement précisé les caractères distinctifs. Les débris de l'*E. antiquus* ont déjà été observés en Angleterre, en France et même en Italie, dans des gisements du même âge que celui de Rignano. Ainsi, il n'y a dans le fait signalé par M. Ponzi rien qui vienne infirmer les notions acquises jusqu'à présent sur l'ordre de succession chronologique des divers Éléphants fossiles en Europe, et sur la distribution stratigraphique de leurs ossements respectifs.

M. Ponzi a en même temps remis à M. de Verneuil une autre dent fossile d'Éléphant trouvée à un niveau bien supérieur à celui des marnes de Rignano, c'est-à-dire dans les dépôts les plus récents des environs de Rome, au *Monte-Sacro*. On reconnaîtra facilement dans cette dent, que j'ai l'avantage de pouvoir présenter en nature à la Société, une molaire véritable d'*Elephas primigenius*; comme elle a été trouvée avec plusieurs autres molaires de la même espèce que M. de Verneuil a vues en la possession de M. Ponzi, il ne reste plus de doute aujourd'hui que l'*Elephas primigenius*, dont on n'avait pas jusqu'à présent constaté l'apparition au midi des Alpes, n'ait aussi franchi cette barrière géographique et passé en Italie où avaient aussi pénétré d'autres mammifères également caractéristiques de la période quaternaire en Europe.

Je saisirai cette occasion pour communiquer à la Société quelques extraits d'une lettre de M. Cocchi, par laquelle notre confrère me marque « qu'il a été trouvé dans la Toscane des restes de » quatre espèces d'Éléphants, savoir : 1° l'*Elephas meridionalis* de » Nesti; 2° l'*Elephas antiquus* de Falconer; 3° l'*Elephas priscus*, » voisin de l'*Élephas africanus*, si ce n'est, dit-il, la même espèce, » et accompagnant les deux précédents dans le Val d'Arno (par con- » séquent se rattachant à la période pliocène); 4° enfin l'*Elephas* » *africanus*, espèce quaternaire et contemporaine, ajoute M. Cocchi,

» dont on trouve souvent des fragments en état de fossilisation » assez peu avancée pour laisser supposer qu'ils proviendraient » d'individus ayant existé en Italie dans les temps historiques, ou » plus probablement de ceux qui y furent amenés par les Car- » thaginois. »

Les Carthaginois introduisirent en effet, à diverses reprises, des éléphants en Sicile et sur quelques points de l'Italie. Mais on sait que tous ceux amenés par Asdrubal périrent sur les bords du Métauro, dans la région sub-apennine qui regarde l'Adriatique. Quant aux trente-sept éléphants qu'Annibal avait dans son armée avant la bataille de la Trebbia, il ne lui en restait plus qu'un lorsqu'il passa l'Apennin pour descendre dans les marais du bas *Arno*. Or il serait peu probable que les fragments de cette espèce d'éléphant (*E. africanus*) que l'on trouve *souvent* aujourd'hui dans la Toscane provinssent de ce seul et unique individu sur lequel était monté le général carthaginois, lorsqu'il pénétra dans ce même territoire de l'ancienne Étrurie.

Quoi qu'il en soit, en ajoutant aux divers éléphants signalés dans la Toscane par M. Cocchi l'*Elephas primigenius*, dont la présence dans les dépôts supérieurs des environs de Rome est si positivement constatée par les découvertes de M. Ponzi, on arriverait déjà à un chiffre de quatre ou peut-être même de cinq espèces d'éléphants, dont les restes auraient été enfouis dans les terrains plus ou moins anciens de l'Italie. Disons aussi que ces mêmes éléphants ont été indiqués sur d'autres points de l'Europe, et que l'on pourrait aujourd'hui résumer, comme il suit, leur distribution géographique et stratigraphique.

1° *Elephas meridionalis*, Nesti. — Espèce que l'on a longtemps confondue avec l'*Élephas primigenius*, bien qu'elle s'en distingue réellement par des caractères tranchés. Ses restes, spécialement limités dans le terrain tertiaire supérieur, sont très abondants en Italie, dans les dépôts pliocènes du Piémont, de la Lombardie, de la Toscane, des environs de Rome, etc. En France, on les a signalés dans des gisements du même âge de la Bresse, de l'Auvergne, du Bourbonnais; en Angleterre, dans le crag, etc.

2° *Elephas antiquus*, Falconer. — Espèce moins connue dont les débris se sont montrés en Italie, en France et en Angleterre, tantôt associés à ceux de l'espèce précédente, tantôt dans des circonstances de gisement qui permettraient de supposer qu'elle lui a survécu (1).

(1) Il a été question, dans la dernière séance, d'une molaire de cette espèce d'Éléphant trouvée aux environs de Bordeaux. Cette dent

3° *Elephas primigenius*, Blumenbach. — Troisième espèce véritablement éteinte, qu'une diagnose rigoureusement démonstrative ne permet de confondre ni avec les deux précédentes, ni avec l'éléphant actuel de l'Inde (*Elephas indicus*, Cuv.). Les ossements de l'*Elephas primigenius*, très répandus dans les dépôts quaternaires de la plus grande partie de l'Europe, se montrent encore plus abondants au nord de l'Asie, dans la Sibérie, où il faudrait peut-être chercher la patrie originaire de cette espèce.

4° *Elephas africanus*, Cuv. — L'émigration définitive de cette espèce vivante vers les régions centrales et australes de l'Afrique actuelle ne remonte pas à une haute ancienneté. On lit dans le *Périple* de Hannon que l'amiral carthaginois envoyé pour explorer le pourtour occidental de l'Afrique aperçut, immédiatement après avoir passé les colonnes d'Hercule, une multitude d'éléphants qui paissaient en liberté sur la côte. Hérodote, Strabon, Élien, Pline, etc., parlent de l'existence de l'éléphant dans la Mauritanie, comme d'un fait contemporain. Plutarque rapporte que dans un séjour que fit le grand Pompée en Numidie, il s'y arrêta quelques jours de plus pour s'y livrer à la chasse des éléphants. Comment d'ailleurs les Carthaginois auraient-ils eu tant de facilité à recruter leurs armées d'éléphants, s'ils ne les eussent trouvés dans des lieux peu éloignés de leurs possessions?

Si, du domaine des traditions historiques, on remonte dans celui de la paléontologie, nous trouvons que M. Gervais a décrit, il y a quelques années, dans les *Mémoires de l'Académie de Montpellier*, une dent machelière d'Éléphant d'Afrique, recueillie par M. le docteur Duval, aux environs de Guelma, dans des couches régulièrement stratifiées. Il est vrai que le savant professeur de Montpellier incline à considérer ces couches comme étant d'un âge assez récent.

On sait aussi que M. Renou, l'un des membres de la Commission scientifique envoyée en Algérie, avait rapporté des cavernes des environs d'Alger une collection d'ossements fossiles, parmi

---

m'avait été communiquée par M. le docteur Souerbie, conservateur du cabinet d'histoire naturelle de cette ville, comme provenant du dépôt miocène de Martignes, que M. Raulin assimile aux faluns de Léognan. Depuis lors, M. Raulin a bien voulu, à ma prière, revoir cet échantillon. L'examen attentif de la gangue sableuse dont il est encroûté lui laisserait quelque doute sur l'origine indiquée par l'étiquette, et, dans tous les cas, M. Raulin est convaincu que cette dent a dû être extraite d'un gisement d'âge plus récent que celui des faluns miocènes.

lesquels M. de Blainville avait remarqué des restes de *Rhinocéros* (d'Afrique), de *Porc-épic*, etc. J'ai depuis lors retrouvé dans cette même collection une molaire (la première de lait) d'un jeune Éléphant d'Afrique qui se trouvait là associée avec des débris de ruminants d'espèces communes à nos dépôts *quaternaires* de l'Europe.

J'ai cru devoir également rapporter à l'Éléphant actuellement vivant en Afrique un fragment de molaire qui m'a été envoyée, il y a quelques mois, par notre confrère, M. Casiano de Prado. Ce morceau a été détaché d'une tête trouvée dans le *diluvium* des environs de Madrid. M. Casiano de Prado a joint à cet envoi le croquis d'une molaire entière appartenant à la même tête.

Des dents de même forme avaient été antérieurement signalées en Allemagne, entre autres celle figurée par Goldfuss dans les *Nov. act. cur. nat.*, t. X, pl. XLIV, d'abord sous la désignation d'*Elephas africanus*, à laquelle il substitua plus tard celle d'*Elephas priscus*. J'ai déjà rappelé ailleurs (*Comp. rend. Acad. des sc.*, 22 fév. 1858), que Cuvier avait hésité à accepter cette dent comme fossile, justement à raison de sa parfaite ressemblance avec les molaires de l'Éléphant actuel d'Afrique. Effectivement, M. Kaup, qui est venu récemment à Paris, m'a dit avoir vu cette dent en nature; il pense qu'elle a été trouvée sur les bords du Rhin, et l'opinion de ce savant paléontologiste est qu'on ne peut faire autrement que de la rapporter à notre espèce africaine d'Éléphants.

Ainsi, sans même tenir compte de la découverte, en Toscane, de débris d'*Elephas africanus* mentionnés par M. Cocchi, et de quelques autres faits de même tendance dont je n'ai pu faire la vérification directe, on se trouverait conduit à admettre que l'éléphant, actuellement vivant dans les parties centrales et australes de l'Afrique, a habité le midi et même le centre de notre Europe, à une époque où le détroit de Gibraltar n'existant peut-être pas encore, la région méditerranéenne de l'Afrique constituait un appendice du continent européen *quaternaire*, limité alors au sud par la mer qui couvrait le désert du Sahara dont l'émersion paraît être d'une date très récente. C'est aussi par l'hypothèse de cette continuité intercontinentale que l'on peut s'expliquer la présence en Algérie d'ossements fossiles du *Bos primigenius* et de quelques autres espèces des terrains *quaternaires* du centre et du nord de l'Europe.

5° Enfin, il restera une cinquième espèce douteuse, ou du moins peu définie dans ses caractères, et dont les débris, observés dans des couches pliocènes, sont envisagés par quelques paléontologistes

comme appartenant à l'*Elephas priscus* de Goldfuss; mais, du moment où il sera reconnu que la dent fossile qui a servi de type à Goldfuss est en réalité rapportable à notre éléphant d'Afrique (*Elephas africanus*), on se trouvera dans cette alternative : ou de rattacher à l'*Elephas africanus* tout ce qui a été précédemment attribué au prétendu *Elephas priscus* de Goldfuss, qui doit être rayé de la nomenclature, ou bien d'introduire dans cette nomenclature une dénomination nouvelle pour désigner l'espèce *encore douteuse* dont il s'agit (1).

M. Triger demande à M. Lartet des renseignements sur le gîte des Éléphants fossiles de Saint-Prest, près Chartres.

MM. Lartet, Bayle et Hébert entrent dans quelques détails sur cette intéressante localité.

M. Ch. Laurent donne lecture de l'extrait suivant d'une lettre que vient de lui adresser M. Mauget :

Naples, 15 juin 1858.

Les deux trombes dont je vous ai parlé sont passées presque inaperçues à Naples ; je ne sais vraiment pas si les journaux en ont fait mention. J'ai été un des privilégiés appelés à admirer la trombe marine que bien peu de personnes auront vue. Un de mes

---

(1) Depuis que les observations contenues dans cette note ont été communiquées à la Société, j'ai eu occasion de visiter la riche collection paléontologique formée à Clermont-Ferrand par feu M. le marquis de Laizer. J'ai pu y examiner une dent d'Éléphant que M. Pomel a inscrite, dans son *Catalogue des vertébrés fossiles des bassins supérieurs de la Loire et de l'Allier* (Paris, 1853, chez J.-B. Baillière), comme appartenant à l'*Elephas priscus*, de Goldfuss, « espèce, dit l'auteur, ayant les lames de ses molaires disposées comme dans l'Éléphant d'Afrique. » C'est en effet une pénultième molaire inférieure qui ne diffère en rien de son homologue dans l'Éléphant actuel d'Afrique, et sa parfaite ressemblance, dans tous les détails caractéristiques, exclut toute distinction spécifique. Cette dent est mentionnée par M. Pomel comme ayant été trouvée dans la *formation alluviale* de la vallée de l'Allier, dans les plaine de Sarlière, où l'on a aussi recueilli des débris de l'*Elephas primigenius*.

Parmi les dents d'Éléphant conservées comme fossiles, dans le Musée d'histoire naturelle de Marseille, il y a une molaire supérieure gauche également rapportable à l'Éléphant d'Afrique; mais cette dernière dent est sans indication positive de provenance.

amis, M. Bernoud, photographe, demeurant au milieu de la promenade royale, en a fait une photographie qui malheureusement n'a pas entièrement réussi. Le phénomène n'a duré que dix minutes. M. Bernoud, se trouvant pris au dépourvu, sans verres apprêtés, a dû, en désespoir de cause, se servir d'une glace de rebut qui a rendu l'essai malheureux. Malgré cela, le phénomène est visible; seulement il ne se voit pas aussi clairement que nous l'avons aperçu.

Le Vésuve parcourt sa dernière période éruptive; il est aujourd'hui presque éteint. Faites savoir à M. Ch. S.-C. Deville que la Punta del Palo s'est affaissée d'une manière sensible. Certains journaux ont dit 200 palmes; ils auront dû nécessairement voir cela à la loupe; ils ont considérablement exagéré. Ce que j'ai trouvé de particulier à cette éruption, c'est que la masse lavique vomie a été énorme, et que, comparativement, le dégagement de gaz ait été presque nul. Avant-hier encore, la lave coulait à flots, et l'on apercevait à peine quelques filets blanchâtres de fumée de place en place sur différents points de la coulée.

Nous avons eu aussi beaucoup d'intermittences qui ont forcé les nouvelles coulées à se mouler sur les premières, ce qui explique les grandes hauteurs atteintes par la lave en certains points. C'est aussi là le motif qui a empêché la lave liquide d'arriver jusqu'à la mer, et de dévaster Resina et Portici.

P. S. Nouvelle toute fraîche et intéressante. Une trombe monstrueuse, dit *le Télégraphe*, vient de passer sur la ville de Sala où elle a fait des ravages effrayants. On me dit, et on me l'affirme, que ce que nous avons pris pour de la grêle vu de Naples, couronnant le cône du Vésuve en feu, n'était autre chose que du sel gemme et du sel ammoniaque dont il venait de faire une éruption.

M. Coquand lit la note suivante en réponse à des observations de M. d'Archiac sur la classification de la craie du sud-ouest.

Réponse de M. Coquand aux observations présentées par M. d'Archiac dans la séance du 1er *juin* 1857 (*Bull.*, t. XIV, p. 766).

Après les vérifications auxquelles la Société géologique s'est livrée à Angoulême, il serait oiseux de traiter de nouveau à fond la question de la classification de la craie du sud-ouest. M. d'Ar-

chiac (1) prend texte de mon second mémoire pour répliquer au premier, mais il n'y répond pas. Sur la question la plus importante, celle qui touche de plus près à la philosophie de la science, sur celle du synchronisme de la craie des deux Charentes avec la craie des autres contrées de la France, synchronisme sur lequel il a formulé si souvent son opinion dans tous ses ouvrages, il déserte le débat, traite de rapports théoriques les faits qui relèvent directement de la stratigraphie, et il se borne à dire que mes divisions sont, à quelque chose près, calquées sur celles qu'il a données lui-même. Et d'abord éclaircissons ce dernier point, puisque c'est celui auquel on paraît tenir de préférence.

1° M. d'Archiac reconnaît dans la craie du sud-ouest un groupe et quatre étages qu'il attribue exclusivement à la *craie inférieure*, et j'y reconnais deux groupes et neuf étages dont quatre appartiennent à la *craie supérieure*. 2° J'admets que la craie chloritée de Rouen n'y est point représentée, et M. d'Archiac admet qu'elle y est représentée. 3° M. d'Archiac arrête la craie de la même contrée aux bancs à *Micraster brevis* de Villedieu; je proclame qu'au-dessus de l'horizon de Villedieu la Charente possède la craie blanche de Meudon et celle de Maëstricht. 4° Je place les couches à Scaphites de Sainte-Catherine au-dessous des *Ostrea columba* et *biauriculata*, et M. d'Archiac les place *au-dessus*... Et puis nos divisions se trouvent d'accord! j'ai emprunté la classification de M. d'Archiac! et M. d'Archiac prend la parole pour réclamer ce qu'il prétend lui appartenir dans les étages que j'admets!... On comprend qu'avec des vues si radicalement opposées, malgré tout l'éclat qui pourrait en rejaillir sur mon travail d'être calqué sur celui de M. d'Archiac, je dois cependant décliner l'honneur d'un patronage auquel je ne me reconnais aucun droit de prétendre. Si je n'avais dit en termes explicites (p. 747) que mes étages n'étaient point établis suivant des règles arbitraires ou d'après la composition minéralogique, mais bien d'après la constance des espèces fossiles qu'ils contiennent, et dont plusieurs, par leur plus grande abondance dans toute l'épaisseur de l'étage, servent à le caractériser d'une *manière spéciale*, si, de plus, je n'avais ajouté (p. 763) que ma classification n'était nullement théorique, puisqu'elle s'appuyait sur la superposition, je concevrais que M. d'Archiac ne perdît pas son temps à discuter sur des idées de pure fantaisie. Mais je le demande à tous les géologues :

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., t. XIV, p. 709 (1857).

Est-ce une question théorique que celle qui a pour objet de déterminer la position de la faune de Rouen *au-dessous* et non *au-dessus* de l'*Ostrea columba* dans le midi et dans le nord de la France ? Est-ce une question théorique que de contester à M. d'Archiac l'existence dans le sud-ouest de la craie chloritée de Sainte-Catherine? Est-ce une question théorique que celle qui me fait avancer que les quatre étages de la craie supérieure du sud-ouest ne renferment aucune espèce de la *craie inférieure* à laquelle les attribue M. d'Archiac, et qu'ils renferment, au contraire, le plus grand nombre des espèces de la *craie blanche* de Meudon et de Maëstricht à laquelle il les enlève, et cela au mépris des principes les plus évidents de la stratigraphie et de la paléontologie ? Enfin, est-ce une question théorique que celle qui a été traitée par MM. Triger, Hébert et moi, à savoir que la craie du Maine et de la Touraine se superposait dans le même ordre et avec les mêmes faunes que dans les deux Charentes, et que c'est à tort que M. d'Archiac a rapporté la craie de Sainte-Maure, qui représente les bancs à *Ostrea columba*, à la craie micacée du sud-ouest qui représente la craie de Meudon à *Ostrea vesicularis?* Voilà une série de propositions sur lesquelles les travaux de M. d'Archiac ont pour ainsi dire fait loi jusqu'ici, qui sont formellement contestées dans mes écrits, que l'observation directe peut confirmer ou détruire, et sur lesquelles M. d'Archiac refuse de se prononcer, tout en disant que nous sommes d'accord.

M. d'Archiac se contente donc, laissant toutes les grandes questions à l'écart, de défendre un seul côté, et le côté le plus insignifiant d'une question accessoire et secondaire. Il place en regard l'une de l'autre sa classification et la mienne, et il trouve, en les comparant, que nous avons reconnu à peu près le même nombre d'échelons dans l'échelle stratigraphique de la Charente. Je suis loin de nier cela, et ce n'est pas dans un pays plat et non disloqué comme celui sur lequel nous avons opéré l'un et l'autre, que nous aurions pu nous méprendre sur le nombre et l'ordre de succession des assises calcaires, argileuses ou sableuses. Dans les questions si vivement controversées de la Tarentaise et de la Voulte, les géologues qui sont le plus en opposition d'idées ont aussi compté de la même manière le nombre des couches en litige. Mais en géologie il ne s'agit pas de compter des couches comme on compte des files de soldats ; il faut savoir ce qu'elles sont et les grouper ensuite en étages. Or, sous ce point de vue, les étages de M. d'Archiac et les miens diffèrent radicalement. Ce sera au public de juger qui de nous deux aura le mieux interprété la

nature. Si je n'ai point le droit de dire que j'ai mieux fait que mes prédécesseurs, il me sera bien permis de confesser du moins que j'ai fait de mon mieux. J'ai défini l'étage : la réunion de toutes les couches qui contiennent les mêmes espèces fossiles, indépendamment de leur composition minéralogique ; et c'est à ce principe que j'ai obéi en divisant la craie du sud-ouest. Si j'y ai manqué, c'est bien involontairement, et ceux qui auront à redresser plus tard mes erreurs, si j'en commets, rendront service à la science et à moi tout le premier.

Ceci posé, examinons ce que nos deux classifications, qui seraient calquées l'une sur l'autre, présentent réellement de commun.

La craie inférieure, aux yeux de M. d'Archiac, est *complète* dans le sud-ouest ; elle y est *incomplète* aux miens, puisque les couches à Scaphites du Maine font défaut.

Mon deuxième étage (gardonien) correspond à une portion seulement de son quatrième.

Mon troisième étage (carentonien), caractérisé par les *Ostrea plicata*, *columba* et *biauriculata*, correspond au quatrième étage en partie et au troisième étage en partie du même auteur.

Mon quatrième étage (angoumien), caractérisé par le *Radiolites lumbricalis*, correspond au troisième étage en partie de M. d'Archiac.

Mon cinquième étage (provencien), caractérisé par l'*Hippurites organisans*, correspond à son troisième étage en partie.

Enfin, les quatre étages de ma *craie supérieure* correspondent aux premier et deuxième étages de la *craie inférieure* de M. d'Archiac.

Il faut vraiment beaucoup de bonne volonté pour apercevoir de la concordance entre ces divers termes qui chevauchent tous les uns sur les autres.

Je ferai observer, en outre, que M. d'Archiac scinde en deux un des horizons les mieux définis de la craie inférieure, en distribuant, sans en expliquer les motifs, les assises à *Ostrea columba*, *plicata* et *biauriculata*, moitié dans son quatrième, moitié dans son troisième étage. Par compensation, son troisième étage réunit trois faunes distinctes, celle des bancs à *Ostrea columba*, celle des bancs à *Radiolites lumbricalis* et celle des bancs à *Hippurites organisans*. On est parfaitement libre d'en agir ainsi ; mais alors pourquoi ne pas réunir dans un seul bloc l'oxfordien, le corallien et le kimméridgien, par la raison qu'ils se succèdent régulièrement dans une même coupe ? Toutefois, il me semble que lorsque d'autres auteurs, procédant d'après un principe tout opposé, établissent

leurs étages suivant la distribution des fossiles, on n'est pas en droit de dire qu'on est copié par eux.

Il est donc de toute évidence que les étages de M. d'Archiac sont des étages imaginaires, chez lesquels les faunes débordent de tous côtés, comme pour son quatrième et son troisième, ou bien des groupes, puisqu'ils contiennent plusieurs faunes, comme pour ses troisième, deuxième et premier étages. Aussi, en comparant ma classification à la sienne, il a bien soin de ne faire ressortir que les ressemblances des subdivisions minéralogiques sur lesquelles il n'y a pas moyen d'errer, et qui n'ont rien de commun avec leur arrangement en étages. Pour que le rapprochement invoqué ne fût pas un trompe-l'œil, il aurait fallu, ce qui n'est pas, que nos étages concordassent. Or, si M. d'Archiac comprend l'étage ainsi que moi, pourquoi ces différences si radicales? *S'il le* comprend autrement, pourquoi affirmer une ressemblance qui n'existe pas?

Est-il utile d'ajouter à présent que pour leur établissement, M. d'Archiac ne se laisse point guider par les caractères minéralogiques, puisque son quatrième étage se compose d'argiles, de calcaires, de grès et de calcaires. Il ne se laisse point guider non plus par les caractères paléontologiques, puisque ses quatrième et troisième étages, par exemple, contiennent les mêmes *Ostrea*, les mêmes Caprinelles, trois faunes distinctes. Je demande alors comment je pouvais mettre utilement à profit pour ma carte géologique le canevas tracé par M. d'Archiac? Il félicite M. *Manès* de s'en être contenté. Je me suis montré plus difficile : pure affaire d'appréciation. S'il ne s'est servi ni des données paléontologiques ni des données minéralogiques, il a dû employer un caractère nouveau dont l'auteur paraît s'être réservé le secret. Quant à nous, c'est par l'analogie des faunes que nous nous sommes laissé conduire.

Relativement aux subdivisions minéralogiques, le seul argument de M. d'Archiac, je dirai que je ne leur attache aucune valeur, et que par le fait elles n'en ont aucune. Elles peuvent bien être de quelque utilité dans la pratique, en tant qu'elles s'appliqueront encore à un périmètre très limité ; mais voilà tout. Au surplus, l'emploi malheureux qu'en a fait M. d'Archiac, quand il a voulu paralléliser au moyen de ce caractère la craie de la Charente et celle de la Loire, est bien fait pour en démontrer le peu de solidité. Croyant que le facies minéralogique correspondait dans les deux contrées à des horizons identiques, il a synchronisé les calcaires jaunes de la Touraine avec les calcaires jaunes de

Saint-Mametz, la craie micacée de la Charente avec la craie micacée de Sainte-Maure. Or, la craie jaune de la Touraine n'est autre chose que les calcaires blancs à Hippurites du sud-ouest, et les calcaires de Saint-Mametz sont les bancs les plus supérieurs de Maëstricht. Ils sont donc séparés par toute l'épaisseur des deuxième et premier étages de l'auteur. Si l'on adopte l'opinion de M. d'Archiac, on admettra avec lui que la craie à *Hippurites organisans* se déposait dans la Touraine quand ils étaient déjà déposés à Angoulême, et quand les couches supérieures de la craie se déposaient en Belgique. La craie micacée de la Charente est supérieure au niveau de l'*Hippurites organisans*, celle de Sainte-Maure est placée au-dessous du *Radiolites lumbricalis*, et elles sont parallélisées, parce qu'elles présentent le même facies minéralogique. Lorsque la craie micacée devient dure par places, comme à Chalais, à Barbezieux, M. d'Archiac ne manque pas de l'introduire dans les calcaires jaunes supérieurs, parce qu'ils ont le même facies minéralogique, bien que leur position soit différente.

Les détails qui précèdent montrent que l'étage seul a de la valeur dans la géologie stratigraphique; aussi, tout en indiquant quelques subdivisions dont la composition peut aider à la reconnaissance des étages, nous avons bien soin de prémunir le lecteur contre les erreurs dans lesquelles l'entraînerait infailliblement ce caractère fugitif, si on lui attribuait plus d'importance qu'il n'en mérite. Relativement à celles que j'admets pour la craie inférieure, je dis que je choisis mes types dans les environs d'Angoulême pour la plus grande commodité des géologues qui voudraient étudier la contrée; mais j'ajoute que les marnes à Ostracées, qui sous cette ville constituent un bon point de repère, disparaissent dans les cantons de Jarnac et de Cognac; que les calcaires marneux à *Terebratula pectita* d'Angoulême deviennent des pierres de taille à Saint-Même; que les calcaires durs et compactes à Ichthyosarcolites des ateliers du chemin de fer sont transformés en calcaires tendres et subsaccharoïdes à Nersac et à Saint-Sulpice; que le calcaire en plaquettes avec *Ostrea auricularis* de Cognac est pierre de taille à Roncenac; que la craie marneuse et friable à *Ostrea vesicularis* de la Champagne de Cognac est exploitée comme pierre de taille à Chalais, à Yviers et à Aubeterre; que le kellovien, qui est oolithique à Marthon, est marneux à Ruffec, etc.; de sorte que si, à l'exemple de M. d'Archiac, j'avais adopté le caractère minéralogique pour base de mes divisions, j'aurais dû composer autant de tableaux différents qu'il existe de facies différents, suivant les points où l'on examine l'étage.

Aussi je suis parfaitement d'accord avec lui quand il dit que ceux qui viendront après moi pourront doubler ou tripler le nombre de mes divisions avec tout autant de raison, suivant le point de vue auquel ils se placeront. Est-ce que je ne reconnais pas moi-même que celles que j'adopte ne sont guère bonnes que pour Angoulême? Il reste à savoir si l'on pourrait agir avec autant d'élasticité contre mes divisions en étages.

Ainsi les subdivisions d'étages sont des questions de pure convenance, variables de leur essence, se référant au facies le plus général des masses minérales d'une contrée limitée et susceptibles de varier comme elles et de nom et de nombre, tandis que l'étage est invariable et indépendant du facies minéralogique. Il faut bien qu'il en soit ainsi ; car en affirmant que la faune à Scaphites était inférieure à la faune à *Ostrea columba*, je n'avais pour unique argument que la coupe des environs du Pont-Saint-Esprit, et contre moi l'opinion des géologues les plus en crédit, celle de M. d'Archiac surtout. Je n'avais visité ni Rouen, ni le Maine, ni la Sarthe ; mais sachant par expérience que les fossiles caractérisent avec autant de sûreté que la stratigraphie les étages, et que, de plus, la saine interprétation de leur distribution dans les masses minérales supplée à l'insuffisance des données stratigraphiques, lorsque surtout deux étages superposés sont formés par la même roche, je n'ai point hésité à affirmer que la coupe du Gard devait l'emporter sur l'opinion des géologues qui avaient écrit contrairement à ce qu'elle m'enseignait ; mais je ne pensais pas alors que les observations positives de MM. Triger et Hébert viendraient me donner sitôt raison.

En résumé donc, je conviens qu'après M. d'Archiac j'ai décrit la craie du sud-ouest, en lui reconnaissant quinze ou vingt subdivisions qu'on peut considérer, si l'on veut, comme quinze ou vingt volumes qui ont de l'analogie par leur reliure pétrographique avec ceux de M. d'Archiac ; mais je nie formellement que les chapitres y soient divisés de la même manière, que les matières qui y sont traitées aient entre elles aucune ressemblance.

Au sujet de cette réclamation, M. Albert Gaudry fait observer qu'il est resté étranger à la rédaction de la partie des procès-verbaux de la séance extraordinaire d'Angoulême, consacrée à la controverse scientifique.

M. Coquand, qui a rempli à Angoulême les fonctions de Président, déclare qu'il a rédigé lui-même, en son entier, cette

partie des procès-verbaux, et que toute la responsabilité lui en revient.

M. Bayle, qui n'avait point assisté à la réunion extraordinaire, mais à qui la Société avait confié l'achèvement du XIVe volume, ajoute qu'il s'est attaché à publier les procès-verbaux tels qu'ils lui ont été remis par le Président de la session d'Angoulême.

M. Coquand prend la parole pour annoncer la découverte de la craie blanche dans la chaîne du Jura. En parcourant les collections recueillies par MM. Bonjour et Defranoux, il a reconnu les *Galerites albogalerus* et *vulgaris*, le *Micraster brevis*, l'*Hemiaster Leskiei*, et un *Inoceramus* récolté dans une craie à silex placée au-dessus des bancs à *Ammonites varians* et *rothomagensis*, etc.

Ces fossiles ont été recueillis dans les environs de Lains, canton de Saint-Julien, près de Lons-le-Saulnier.

M. Hébert fait observer que ces fossiles se rapportent à la craie marneuse.

M. Coquand fait ensuite la communication suivante :

Description géologique de l'étage purbeckien dans les deux Charentes; par M. H. Coquand.

On observe, dans la chaîne du Jura, ainsi que dans les deux Charentes, au-dessus de l'étage portlandien et concordant avec lui, un système particulier de couches caractérisé par la présence du gypse et par celle de fossiles d'eau douce. Le système de ces deux contrées a été l'objet de travaux de la part de plusieurs géologues. MM. Pidancet et Lory qui, les premiers, ont écrit sur celui du Jura, l'ont parallélisé avec les couches wealdiennes de l'Angleterre, et l'ont considéré comme faisant la base de la formation crétacée; MM. Marrot et Manès, du corps impérial des mines, ont attiré l'attention sur celui du sud-ouest de la France et l'ont attribué et subordonné à l'étage portlandien. Le but de ce Mémoire est de fournir une description détaillée des argiles gypsifères des deux Charentes, et de montrer qu'elles n'appartiennent, ainsi que celles du Jura, ni à l'étage portlandien, ni à l'étage wealdien, mais qu'elles constituent, au-dessus du premier, un étage distinct, qui correspond aux couches de Purbeck de

l'Angleterre méridionale, et franchement indépendant de la formation crétacée. Comme les couches de Purbeck, à ma connaissance du moins, n'ont été signalées jusqu'à présent que sur un seul point de la France, dans le bas Boulonnais, qui n'est que l'extrémité orientale d'une dépression dont la grande vallée de Weald constitue la portion la plus considérable, j'aime à penser qu'il sortira quelque intérêt d'un travail destiné à montrer qu'elles occupent un rang important sur le sol français et qu'elles méritent, à ce titre, d'être signalées à l'attention des savants.

Le géologue qui parcourt les arrondissements de Cognac et de Saint-Jean-d'Angely, est frappé du contraste qui existe, dans une même contrée, entre une région formée presque exclusivement de coteaux ondulés et nettement taillés en relief et une vaste plaine, uniforme dans toute son étendue, qui est située entre Saint-Jean-d'Angely Matha, Neuvicq, Sigogne, Jarnac, Châteauneuf, Saint-Même, Cognac et Brizembourg. Cette plaine, connue sous le nom de Pays-Bas, est remarquable autant par sa physionomie particulière que par la nature du sol dont elle est formée. Pendant que les coteaux qui l'enserrent de toute part présentent une composition entièrement calcaire, le calcaire manque, pour ainsi dire, dans le Pays-Bas, et on n'y aperçoit que des terres argileuses, dites *terres fortes*, lesquelles ressemblent d'une manière si frappante aux limons que les grands fleuves accumulent près de leurs embouchures, que la formation tout entière figure, dans la carte géologique de la France et en grande partie dans celle de la Charente-Inférieure par M. Manès, avec la teinte des alluvions modernes. Il est vrai de dire que les rivières de l'Anteine et de la Soloire, qui traversent la plaine à peu près dans la direction du nord au sud, sont entièrement encaissées dans des argiles, et que les prairies qui bordent ces deux cours d'eau, et qui ont été formées à leurs dépens, ont un sous-sol tellement identique avec celui qu'on remarque au-dessus des lignes qu'atteignent les rivières dans leurs plus grandes crues, que la distinction entre eux devient très difficile à établir au point de vue géologique. Cependant, quand on prend en considération le parcours limité de l'Anteine et de la Soloire, et l'importance plus faible encore de quelques affluents, leurs tributaires, on ne saurait concéder à un bassin hydrographique aussi circonscrit que celui qui nous occupe le privilége d'avoir déposé des alluvions plus considérables que celles de la Charente à son embouchure.

A quelle circonstance spéciale la contrée du Pays-Bas est-elle redevable de sa physionomie propre et dont les traits contrastent

l'une manière si frappante avec les accidents orographiques des coteaux qui la circonscrivent? Cette circonstance est liée absolument à la nature minéralogique des éléments constitutifs du sol. Le Pays-Bas, en effet, occupe une dépression qui, à la fin de la période jurassique, a été remplie par un lac, puis successivement comblée par des sédiments argileux. Après le soulèvement de la chaîne jurassique, les agents extérieurs ont opéré la désagrégation de ces éléments friables jusqu'à une certaine profondeur, en les réduisant en une boue de consistance variable. L'agriculture ensuite les a façonnés, en les modifiant avec intelligence et en les convertissant, suivant l'exigence de ses besoins, en terres arables, en prairies et en vignobles.

La plaine du Pays-Bas suit la direction de S.-S.-E. au N.-N.-O., qui est aussi celle que l'on constate dans le S.-O. de la France. Elle commence sous le bourg de Nantillé, dans l'arrondissement de Saint-Jean-d'Angely, et vient se terminer un peu au-dessus de Vibrac, à l'extrémité orientale de celui de Cognac, sur une longueur de 46 kilomètres environ. Sa largeur est variable et se compose de deux éléments distincts. Depuis son origine jusqu'à la hauteur de Réparsac, dans ce qui constitue, à proprement parler, le Pays-Bas, elle possède la forme d'un trapèze allongé, dont la longueur est de 21 kilomètres et la largeur de 12 kilomètres; mais, à partir de Réparsac, elle se trouve resserrée considérablement entre les coteaux portlandiens de Chassors et des Métairies; de là, elle passe sous Jarnac, d'où elle se répand sur les deux rives de la Charente, et vient se terminer entre Vibrac et les Molidards. Dans cette seconde section elle dessine une espèce de *fiord* dont la longueur est de 19,000 mètres, et la largeur moyenne de 4,000 à peu près. La formation entière comprend, par conséquent, une superficie de 330 kilomètres carrés. Ces mesures s'appliquent seulement à la portion qui se montre à découvert : mais, comme entre Cognac et Brizembourg, les argiles gypsifères sont recouvertes par le terrain crétacé, il devient impossible de connaître leur développement souterrain; mais leur prolongement au-dessous des couches de la craie semble attesté par leur réapparition dans les environs de Rochefort, à Moëse, à Saint-Froult, et jusqu'à la pointe de Chassiron, dans l'île d'Oléron, où elles disparaissent sous l'Océan. En admettant, ce qui est d'ailleurs très vraisemblable, que ces derniers dépôts ne font qu'un système unique avec ceux du Pays-Bas, la longueur totale des argiles gypsifères, depuis les Molidards jusqu'à la pointe de Chassiron, serait de 32 à 34 lieues.

Nous indiquerons ici les altitudes, au-dessus du niveau de la mer, de divers points des coteaux jurassiques et crétacés qui dominent le Pays-Bas : Macqueville, 63 mètres; Brie-sous-Matha, 47 mètres; Blanzue, 39 mètres; Aumagne, 41 mètres; Saint-Même (Charente-Inférieure), 46 mètres; Bercloux, 58 mètres; Brizembourg, 50 mètres; Villars, 70 mètres; Cherves, 58 mètres; Solençon, 44 mètres; Saint-Trojan, 47 mètres; Chassors, 59 mètres; Jarnac, 41 mètres; Chez-Ville, 37 mètres; Molidards, 101 mètres; Saint-Amand-de-Graves, 60 mètres; Saint-Même (Charente), 59 mètres; Sigogne, 79 mètres.

La moyenne de ces hauteurs est de 55 mètres.

Les altitudes des argiles gypsifères sont les suivantes : Aumagne, 30 mètres; Ebréon, 26 mètres; Anthon, 21 mètres; Migron, 22 mètres; Mansac, 19 mètres; Mesnac, 24 mètres; Montgand, 24 mètres; Orlut, 17 mètres; Bate-Chèvre, 12 mètres; la Chagnaie, 13 mètres; Chantegrolle, 12 mètres; Triac, 23 mètres.

La moyenne est de 20 mètres.

La comparaison de ces deux séries montre que les argiles du Pays-Bas se trouvent placées à un niveau inférieur de 35 mètres, par rapport aux formations encaissantes; et, comme cette différence se maintient à peu près constante dans toute l'étendue du bassin, la dénomination de Pays-Bas appliquée à la contrée est très bien justifiée par la confrontation des chiffres qui précèdent.

Avant d'entreprendre la description des couches de Purbeck, nous mentionnerons l'opinion de divers géologues qui les ont signalées. Le premier auteur qui mentionne l'existence d'une argile wealdienne dans le sud-ouest de la France est M. Al. Brongniart. Ce savant minéralogiste (1) considère comme wealdienne l'argile avec nodules de succin résineux et morceaux de lignite qu'on observe dans l'île d'Aix et à l'embouchure de la Charente. Mais il est facile de voir qu'il désigne ainsi les argiles lignitifères qui sont interposées entre les bancs à *Ammonites rothomagensis*, Defr., *varians*, Sow., *Turrilites costatus*, Lam., et les bancs à *Ostrea columba*, Lam., et que cette désignation s'applique par conséquent à notre étage gardonien. Or, comme ce dernier est séparé du système wealdien proprement dit par toute l'épaisseur de l'étage rothomagien, du gault et de la formation néocomienne entière, il n'y a pas lieu évidemment à adopter l'opinion de M. Brongniart.

M. Dufrénoy a publié, en 1830 (2), un Mémoire sur le terrain

(1) *Tableau des terrains*, 1829, p. 217.
(2) *Annales des mines*, t. VIII, 5e livraison, p. 175.

le craie dans le sud de la France. L'auteur a l'occasion de signaer dans ce travail plusieurs gisements de gypse exploités dans les leux Charentes, et notamment ceux de Saint-Froult, de Croix-de-Pic et de Nantillé. Il admet que dans la première de ces localités e gypse est recouvert par la craie et qu'il est associé à ce terrain. A Cherves et à Nantillé, le gypse n'est pas recouvert, et on ne voit pas sa partie inférieure, de sorte qu'on peut élever des doutes sur sa position. Le terrain de craie l'entoure de tous côtés, et le calcaire à Ichthyosarcolites forme des escarpements nombreux à peu de distance des carrières. En outre, le terrain de craie se prolonge encore à plus de deux lieues au nord des exploitations du plâtre. On peut donc dire qu'il est dans un bassin creusé dans le terrain de craie. « Ce gypse, exactement le même que celui de Saint-Froult, ajoute M. Dufrénoy, ne peut être regardé comme tertiaire, puisqu'on a vu qu'il était recouvert, dans ce dernier endroit, par les couches du terrain de craie. »

Si les gypses de Croix-de-Pic ne sont pas recouverts par les bancs crétacés aux excavations mêmes dont on les retire, il n'y avait que deux pas à faire du côté des escarpements pour s'assurer que les argiles, auxquelles ils sont subordonnés, étaient surmontées par les grès à Orbitolites. Il n'était donc point exact de dire que c'était dans un bassin creusé au milieu du terrain de craie qu'ils avaient été déposés.

Nous trouvons dans le même Mémoire (page 195) une indication qu'il est utile de signaler, afin de se prémunir contre les conséquences qu'on en pourrait tirer. En parlant des alentours d'Angoulême, M. Dufrénoy décrit, près du pont de Churet, dans la commune de Chapuiers, des grès qui contiennent quelques coquilles très imparfaites qui lui ont paru se rapporter à des *Paludines*. « La présence de coquilles d'eau douce est remarquable ; elle fournit un caractère de rapprochement entre ce grès et l'*iron-sand* des Anglais. L'argile que nous venons d'indiquer correspondrait alors au *Weald-clay*. Outre ces coquilles d'eau douce, on trouve aussi dans le grès des *Gryphæa columba* et plusieurs autres coquilles marines. Ce mélange de coquilles d'eau douce et marines nous porte à conclure que cette formation n'est pas essentiellement d'eau douce, comme on pourrait le conclure de l'étude des terrains anglais. La présence des coquilles d'eau douce est due probablement à une disposition particulière du bassin dans lequel ce grès s'est déposé. »

Nous reproduirons ici les mêmes remarques que nous avons déjà faites relativement à l'opinion de M. Brongniart. Les argiles

et les grès cités par M. Dufrénoy au pont de Churet sont les mêmes que ceux de l'île d'Aix, et ne peuvent être rapportés en aucune manière à l'étage wealdien. Si les coquilles considérées par lui comme des Paludines appartenaient réellement à ce genre, fait que, malgré des recherches attentives, il ne nous a pas été possible de vérifier sur place, il faudrait en conclure que les argiles qui les contiennent seraient d'origine fluvio-marine; elles seraient, dans ce cas, l'équivalent des argiles lignitifères de Saint-Paulet, dans le département du Gard, lesquelles représentent le type de notre étage gardonien. Or, celui-ci, quoique étant d'origine lacustre, est supérieur aux bancs qui renferment les fossiles de Rouen et conséquemment au gault, et il ne peut en aucune manière être rapporté ni au Weald-clay, ni aux couches de Purbeck.

L'opinion de M. Dufrénoy est adoptée sans réserve par M. d'Archiac dans son premier Mémoire sur la formation crétacée du sud-ouest de la France (1). Les gypses explorés aux environs de Cognac et de Rochefort sont considérés comme étant subordonnés aux argiles lignitifères de l'île d'Aix, et par conséquent comme crétacés.

En 1848, M. Dufrénoy est revenu sur la première opinion qu'il avait manifestée. Il annonce (2) qu'il avait visité en 1828 la carrière de gypse des Molidards, qui est une dépendance du système lacustre du Pays-Bas, et que, trompé par la présence, au milieu des argiles gypsifères, de quelques bancs d'un calcaire rose dont les caractères lui avaient rappelé le calcaire d'eau douce de Castres, il avait supposé alors que les gypses de cette localité appartenaient, comme ceux de Beaumont, aux terrains tertiaires.

Mais depuis, M. Marrot s'est occupé de la position des gypses qu'on exploite aux Molidards, qui, suivant cet ingénieur, seraient intercalés dans la formation portlandienne. Les argiles gypsifères occupant un petit bassin surmonté de tous côtés par les couches de l'oolithe supérieure, la stratification bien prononcée et bien régulière des argiles, des bancs calcaires et du gypse, excluent toute idée d'un dépôt postérieur au creusement des vallées. M. Dufrénoy conclut, en terminant, que si, comme M. Marrot le suppose, les argiles se prolongent sous les calcaires oolithiques, la position des gypses n'est pas douteuse.

Nous verrons plus tard qu'aux Molidards, comme ailleurs, les

(1) *Mém. de la Soc. géol. de France*, 1re sér., t. II, p. 160.
(2) *Explication de la carte géologique de la France*, t. II, p. 650.

gypses ne sont point intercalés dans l'étage portlandien, ainsi que l'admet M. Marrot, mais qu'ils constituent au-dessus de lui un étage franchement séparé.

M. Manès, en 1850, dans une notice qu'il a rédigée sur les dépôts du gypse des départements de la Charente et de la Charente-Inférieure (1), et plus tard en 1853 (2), a reproduit l'opinion de M. Marrot. Il admet que les argiles gypseuses font partie des couches supérieures du troisième étage jurassique et qu'elles ne constituent point, comme on l'avait cru, des amas subordonnés aux glaises inférieures de la formation crétacée. Elles reposent parfois sur les calcaires lumachellaires à Nucules, comme à Triac, et d'autres fois en sont recouverts, comme à Saint-Denis. Généralement ils se montrent sous des roches jurassiques de calcaire argileux et de marnes en bancs alternatifs qui plongent sous les argiles des grès verts.

Nous aurons occasion d'indiquer, dans le cours de ce travail, que les calcaires à Nucules qu'on observe à Triac et que l'on retrouve à Jarnac, à Chassois, à Réparsac, à Chez-Ville, et sur lesquels reposent les couches de Purbeck, appartiennent à la partie supérieure de l'étage portlandien, tandis que les bancs lumachellaires qui recouvrent les gypses contiennent des Cyclades, des Cyrènes et des Corbules et non des Nucules, et n'ont rien de commun avec les bancs inférieurs. L'alternance admise par M. Manès n'existe donc pas. Ce détail qui paraît, au premier aperçu, n'avoir qu'une mince importance, a cependant pour résultat de démontrer la complète indépendance des argiles gypsifères par rapport à l'étage portlandien qui les supporte. On voit de plus que MM. Marrot et Manès, en attribuant les gypses au calcaire de Portland, ont méconnu et leur position et leur véritable origine; car ils admettent implicitement qu'ils sont de formation marine, exactement comme les calcaires marins auxquels ils les subordonnent et avec lesquels ils les font alterner.

M. d'Archiac revient, en 1851, sur la position des gypses dans son *Histoire des progrès de la géologie* (3). Il annonce avoir observé près Migron, et à Chez-Malboteau, succédant aux calcaires blancs marneux de l'étage jurassique supérieur, une marne argileuse grise, avec des lits subordonnés de calcaire gris en plaquettes

(1) *Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e sér., t. VII, p. 605 et 612.
(2) *Description physique, géologique et minéralogique du département de la Charente-Inférieure*, p. 121.
(3) *Hist. des progrès de la géologie*, t. IV, p. 440.

(calcaire que nous verrons former un horizon si constant au milieu des argiles gypsifères). M. d'Archiac y a reconnu des moules de fort petites coquilles turriculées, ressemblant à des Paludines ou à des Bulimes, et à quelques moules imparfaits de bivalves (Cyclades). Il a très bien distingué ces lits minces des calcaires gris en plaquettes avec *Nucula inflexa* « et qui rappellent singulièrement, par leur aspect lacustre, ceux que nous (M. d'Archiac) avons observés dans l'étage de Purbeck, du val de Wardour. Des recherches continuées plus longtemps feraient sans doute découvrir des fossiles intéressants. Quant à leur véritable niveau géologique, ne les ayant observés que sur ce point, à la jonction des deux formations, entre Migron et Burie, il ne nous est pas possible de hasarder un rapprochement bien précis. »

Si M. d'Archiac avait pu consacrer assez de temps à l'étude des terrains du Pays-Bas, la relation de ce calcaire en plaquettes avec les argiles gypsifères n'eût certainement pas échappé à sa perspicacité, et les rapprochements qu'il n'annonce que sous réserve, il les eût affirmés d'une manière positive. Il n'aurait pas séparé surtout ces calcaires des gypses, qu'à l'exemple de MM. Marrot et Manès il persiste à attribuer à l'étage portlandien (1).

Dès la première année de mes excursions dans les deux Charentes, en 1849, j'avais eu la bonne fortune de recueillir dans les environs de Nantillé, de Mons, de Montgaud, de la Vrignolle, et l'année suivante, dans les alentours de Saint-Froult, des Lymnées, des Physes, des Cyrènes, des Cyclades et des Mélanies, dans les calcaires en plaquettes qui sont placés à un niveau constant au-dessus des gypses. Une circonstance doublement favorable à mes études, en m'appelant à Besançon, à peu près à la même époque me plaça dans la chaîne du Jura, en présence de dépôts gypseux analogues par leur position à ceux du sud-ouest. Ces dépôts ont été signalés et décrits par MM. Pidancet et Lory (2). Les beaux travaux de M. Forbes sur les couches de Purbeck n'existaient point encore, et les argiles gypseuses du Jura furent rapportées au Weald-clay et considérées comme constituant la base de la formation crétacée par les deux observateurs que nous venons de nommer. L'origine lacustre des argiles du Pays-Bas étant devenue un fait bien établi par nos propres découvertes, ce fait important

(1) *Hist. des progrès de la géologie*, t. VI, p. 153.

(2) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. V. — *Mémoire sur le terrain néocomien des environs de Sainte-Croix et du Val-de-Travert.* (*Mém. de la Soc. d'émulation du Doubs*, 1848).

prenait place à côté d'une découverte du même genre faite par M. Lory dans les départements du Doubs et du Jura. Plusieurs localités avaient fourni à ce géologue des *Planorbes*, des *Lymnées* et des *Physes*. L'association du gypse et des fossiles d'eau douce dans un étage immédiatement superposé à l'étage portlandien établissait des caractères frappants de ressemblance entre les terrains des deux contrées, et projetait une vive lumière sur l'âge de ces dépôts fluviatiles ou lacustres. La question d'attribution était, il faut en convenir, assez difficile à résoudre pour la chaîne du Jura, car, le terrain néocomien, les argiles gypsifères et les calcaires portlandiens s'y montrant en concordance parfaite, on devait balancer avant de se prononcer, et on obéit à l'opinion généralement reçue en faisant commencer le terrain de craie par ces argiles gypsifères auxquelles on imposa le nom de wealdiennes.

Cette difficulté n'existait pas pour moi dans la Charente, où la série crétacée n'est pas complète, puisque le terrain néocomien et le gault y manquent en entier. Une fois que le synchronisme du dépôt gypseux du sud-ouest et du Jura fut bien évident à mes yeux, je l'annonçai dans une leçon publique en 1850, et en 1853 (1) je lus à la Société d'émulation du Doubs une notice qui avait pour but d'établir que le terrain wealdien constituait dans ces deux régions une formation distincte se rattachant géographiquement et orographiquement au terrain jurassique, et introduite à tort dans la formation crétacée. J'ajoutai « que le soulèvement qui avait mis fin à ce qu'on appelle la période jurassique avait eu lieu après le dépôt du wealdien et non avant, ainsi que sont obligés de l'admettre les géologues qui le placent à la base de la formation crétacée. » J'avais conservé aux argiles gypsifères le nom de wealdiennes, les travaux de M. Forbes m'étant complétement inconnus à cette époque; mais depuis que le célèbre géologue anglais a démontré la nécessité de distraire les couches de Purbeck de l'étage wealdien proprement dit, il convient de remplacer par le nom de purbeckien celui de wealdien que j'avais conservé aux dépôts gypseux du Pays-Bas et du Jura. A part ce changement qui n'attaque en rien le fond, mes conclusions restent les mêmes.

Abordons en ce moment la partie descriptive de notre travail. L'étage de Purbeck constitue dans les deux Charentes un système de couches composant une masse puissante d'argile avec amas subordonnés de gypses et de quelques bancs calcaires, reposant sur

(1) *Mém. de la Soc. d'émulation du Doubs*, 1853.

des calcaires cariés accompagnés de marnes verdâtres. Mais, avant d'en entreprendre la description détaillée, il est indispensable de fournir la preuve qu'il repose directement sur l'étage portlandien auquel il succède à stratification concordante, mais qu'il en est néanmoins indépendant d'une manière complète, et que les rapports généraux de subordination qu'on peut établir entre eux sont de même nature que ceux qui rattachent les uns aux autres, par exemple, l'oxfordien au corallien, le kimméridgien au portlandien, le gault aux grès verts supérieurs, etc.

Tous les points vers lesquels affleurent les argiles gypsifères ne sont pas également propres pour la vérification directe de cette superposition. Cependant les environs de Jarnac, de Chez-Ville, de Bassac, des Molidards, de Chassors, de la Gibauderie, où on peut observer les lignes de contact, permettent de saisir le recouvrement du calcaire portlandien par le système lacustre de Purbeck. Nous allons passer successivement en revue ces diverses lignes.

Jarnac est bâti à la base d'un coteau calcaire de forme elliptique, qui est la continuation du coteau plus étendu de Chassors, dont il est séparé par une dépression de 2 kilomètres au plus, occupée par les argiles gypseuses, vrai défilé par lequel l'étage de Purbeck atteint pour la première fois la vallée de la Charente qu'il franchit pour aller affleurer au pied des coteaux crétacés qui couronnent la rive opposée. Le coteau de Jarnac, dirigé du S.-S.-E. au N.-N.-O., supporte près de son extrémité orientale le hameau de Souillac. Il s'abaisse à partir de ce hameau, au moyen d'une pente ménagée, vers la plaine qui débouche sur Triac et Bassac. Cette plaine est, comme nous l'avons déjà dit, le prolongement, sous forme d'un fiord, de celle du Pays-Bas que l'éminence de Jarnac domine de 28 à 30 mètres. L'éloignement où l'on se trouve des matériaux solides a fait ouvrir, dans le coteau de Jarnac, des carrières si nombreuses, qu'on a toutes facilités pour se renseigner sur sa constitution géologique. On observe d'abord dans les excavations abandonnées de Souillac, à l'angle même du chemin qui conduit de la route impériale aux prairies de la Charente, un escarpement formé de calcaires marneux, jaunâtres, disposés en couches bien réglées, et dans lesquels on peut récolter une suite de fossiles bien conservés, parmi lesquels dominent le *Cardium dissimile*, Sow., la *Mactra insularum*, d'Orb., le *Pecten jarnacensis*, Coq., l'*Anomia jarnacensis*, Coq., le *Mytilus portlandicus*, d'Orb., et une petite Huître, l'*Ostrea Bruntrutana?* Ces assises, qui sont les plus inférieures de la série

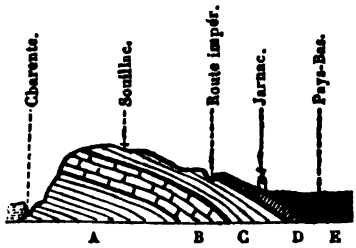
visible au-dessus de la Charente, sont surmontées par des calcaires oolithiques, solides et résistants, et dont les oolithes fort régulières sont engagées dans un ciment spathique ou cristallin. Ils ont été exploités au-dessus de la rivière, dans une carrière dont les matériaux ont été utilisés pour la construction d'un mur de parc parallèle au chemin qui relie Souillac à Jarnac par la crête des escarpements. Les fossiles que ces calcaires contiennent font corps intime avec la roche et ne sont pas susceptibles de déterminations spécifiques ; on y reconnaît des *Pecten* et des fragments de Nérinées.

Enfin, de nouvelles carrières ouvertes sur l'arête du coteau mettent l'observateur en présence d'un calcaire jaune ou grisâtre, très dur, à cassure conchoïde, chantant sous le marteau à la façon d'un phonolite, et remarquable par le nombre et la régularité des couches minces dont la masse est composée. Vus d'une certaine distance, les fronts d'abattage ressemblent à des constructions en briques dont le temps aurait troublé un peu l'alignement primitif des rangées, tant les bancs sont d'égale épaisseur. Ce calcaire lithographique, qui, en se démolissant à la surface, donne naissance à un sol pierreux, forme le couronnement du coteau et appartient incontestablement, ainsi que les deux systèmes précédents, à l'étage portlandien.

Les couches de cet étage sont à peu près horizontales sur le grand axe du coteau ; elles plongent légèrement vers le S.-O., sur les bords de la Charente ; mais, quand on se dirige vers le Pays-Bas et qu'on est arrivé dans Jarnac même, à l'embranchement de la route départementale de Sigogne avec la route impériale d'Angoulême à Saintes, on les voit s'infléchir brusquement en sens opposé vers la plaine, c'est-à-dire au N.-E., en faisant avec l'horizon un angle de 25 à 30 degrés. Les calcaires lithographiques à couches minces sont recouverts par des bancs calcaires plus puissants, contenant des *Nucula inflexa*, et supportant les premières assises de l'étage de Purbeck. Ces assises consistent en un ou deux bancs d'un calcaire caverneux et concrétionné, dont les vacuoles sont remplies de marnes verdâtres. Au-dessus se développent les argiles gypsifères qui contournent tout le coteau entre Jarnac et Souillac, et remontent même en divers points jusqu'au-dessus de la route impériale, en en suivant les mouvements et les ondulations. D'abord très inclinées vers les premières maisons de la ville, elles reprennent bientôt des allures plus modérées, et deviennent presque horizontales quand elles pénètrent dans le Pays-Bas.

Le calcaire portlandien reparaît sur la rive opposée de la Charente, et notamment dans la commune de Gondevil, où il est exploité comme moellon au-dessous des alluvions anciennes; mais les couches y suivent une inclinaison opposée à celle que nous avons signalée à l'entrée de la route de Sigogne, et elles supportent, dans la direction de Saint-Même et de la côte de Montagnant, les argiles gypsifères, circonstance qui démontre clairement que le coteau de Souillac est le produit d'un bombement à la suite duquel les couches jurassiques ont éprouvé un double pendage. La figure 1, tracée à partir du Pays-Bas jusqu'aux co-

Fig. 1.



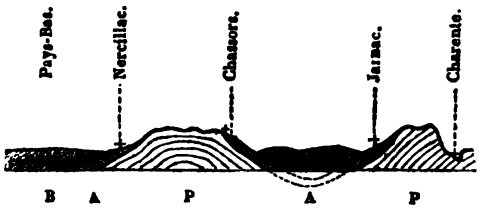
A. Calcaire portlandien, à *Cardium dissimile*.
B. Calcaire portlandien oolithique.
C. Calcaire portlandien, *Nucula inflexa*.
D. Calcaire carié, base du Purbeck.
E. Argiles gypsifères.

teaux crétacés qui dominent la rive gauche de la Charente, traduit exactement la disposition des couches telle que nous l'avons indiquée.

Le coteau de Chassors, dont, ainsi que nous l'avons déjà dit, celui de Jarnac n'est qu'une dépendance, prend naissance à 2 kilomètres de cette ville, près du château de la Gibauderie, et il se termine à Réparsac, enveloppé de toutes parts, comme une île, par les argiles gypsifères. Sa longueur est de 6 kilomètres environ, et sa plus grande largeur ne dépasse pas 1400 mètres. Il atteint à ses points culminants les altitudes de 51 et 59 mètres au-dessus de la mer, et de 30 mètres au-dessus du Pays-Bas. Mais, si l'on cherche à pénétrer dans la plaine, de quelque côté que l'on s'y prenne, les cotes primitives se réduisent rapidement et successivement en descendant à 17 ou 19 mètres, limites où les calcaires portlandiens sont étouffés par les argiles. Les couches, à leur tour, obéissent à une inclinaison correspondante pour plonger sous la plaine et recevoir l'étage de Purbeck. La coupe représentée par

la figure 2, prise entre Jarnac et Nercillac, et passant par Chassors, montre que les argiles ont participé au mouvement à la suite duquel la formation jurassique tout entière a été disloquée.

FIG. 2.



P. Portlandien.
A. Calcaire carié, base du Purbeck.
B. Argiles gypsifères.

Le bourg de Chassors est établi presque sur la limite des deux étages portlandien et purbeckien, au centre même du coteau, et il domine vers le N.-E. la vaste plaine du Pays-Bas. Quand on sort de Jarnac par le chemin qui longe la Charente, on est déjà dans les argiles gypsifères que l'on voit venir se plaquer en remontant sur le promontoire portlandien qui se détache de Chassors à mesure que l'on se rapproche du château de la Gibauderie. L'extrémité de ce promontoire a été entaillée assez profondément pour l'établissement d'une route, et l'on distingue dans la tranchée et en couches plongeant vers Jarnac, sous un angle de 20 degrés : 1° à la base, le calcaire portlandien avec *Nucula inflexa;* 2° le calcaire carié, base de l'étage de Purbeck; 3° les argiles gypsifères. Si, au lieu de continuer à suivre la ligne droite, on fait volte-face quand on est vis-à-vis du château, et qu'on prenne le sentier qui mène à Chassors, on foule, jusque dans l'intérieur du bourg, des calcaires jaunes analogues à ceux que nous avons décrits du coteau de Souillac ; mais, à peine a-t-on dépassé les premières maisons, quand de l'église on se dirige vers Guitre, ou, en d'autres termes, quand on tend vers le N.-E., que l'on rencontre des argiles brunâtres dont l'identité et la continuité avec l'argile gypsifère du Pays-Bas ne peuvent laisser place à aucun doute. Cette identité, au surplus, est confirmée par la présence sous Chassors de la couche calcaire de *deux pieds* dont nous aurons bientôt l'occasion d'indiquer l'importance, et qui fournit un excellent point de repère au milieu des roches sans consistance de l'étage de Purbeck.

Si les motifs d'après lesquels nous avons établi, soit à Jarnac, soit à la Gibauderie, la séparation du calcaire portlandien d'avec

les couches de Purbeck pouvaient paraître insuffisants aux yeux de certaines personnes, à cause de la faible longueur sur laquelle le tracé des routes où quelques accidents de terrain nous ont permis de saisir leur superposition, les puits creusés dans Chassors même fournissent un contingent de renseignements capables de dissiper les moindres doutes qui pourraient subsister à cet égard. En effet, il existe dans ce bourg trois puits placés à peu près sur la même ligne, celui de la maison Longueville, qui est dans la position la plus élevée, celui de la maison Sarrasin et celui de la maison Normand. Ils ne sont séparés les uns des autres que par un intervalle de 25 à 30 mètres. Le premier a atteint la profondeur de 34 mètres, sans sortir du calcaire portlandien; celui de Sarrasin a d'abord traversé 15 mètres d'argiles gypseuses et ensuite 15 mètres de calcaire; enfin le puits Normand, ouvert dans les argiles, n'a rencontré que des argiles et des gypses jusqu'à la profondeur de 27 mètres, et on n'a pas poussé plus bas. Les eaux du puits supérieur sont excellentes, celles du puits Sarrasin passables, tandis que celles du puits inférieur ne sont pas potables. Les conséquences à tirer de ces divers faits se présentent trop naturellement d'elles-mêmes à l'esprit pour qu'il soit utile d'insister beaucoup dans leur développement. Il nous suffira d'établir qu'à Chassors, comme ailleurs, les calcaires portlandiens sont incontestablement inférieurs aux argiles, et, qu'en second lieu, il n'existe pas d'alternance entre les uns et les autres. Nous dirons incessamment que les argiles ne sont recouvertes que par la formation crétacée. On voit aussi que sous Chassors les bancs du calcaire portlandien, ainsi que cela a été déjà constaté à Jarnac et à la Gibauderie, plongent vers la plaine sous un angle de 30 degrés environ. Les fossiles que ceux-ci nous ont présentés dans le centre même du bourg sont le *Pecten portlandicus*, des *Astarte*, des *Mytilus*, des *Mya*, des *Anatina*, et la *Nucula inflexa*.

Si de Chassors on descend sur Nercillac, on recoupe les calcaires jaunes ou lithographiques contenant les mêmes fossiles que ceux de Jarnac. A l'époque où je visitai cette contrée, en 1849, j'ai pu constater que dans un cavage pratiqué près du village, les calcaires jaunes s'abaissaient rapidement vers le Pays-Bas, et qu'ils étaient surmontés par une couche de marne bleuâtre de 23 centimètres d'épaisseur, laquelle supportait à son tour un ou deux bancs de calcaire carié, analogue à une cargneule, et dont les cavités étaient formées ou remplies par des encroûtements stalactitiques terreux. C'est ce calcaire carié avec les couches subordonnées de marnes que l'on remarque à Jarnac, à Bassac,

à Cher-Ville, entre les Molidards et Hiersac, à Mont, à Nantillé, à Migron, à Saint-Amand-de-Graves, enfin partout où l'on peut observer, vers leurs points de contact, les étages purbeckien et portlandien; c'est ce calcaire, disons-nous, qui constitue les premières assises de notre système lacustre. On est conduit logiquement à cette opinion par l'apparition des argiles, que l'on ne rencontre nulle part ailleurs au-dessus du portlandien, si ce n'est dans le voisinage des argiles gypseuses.

La route directe qui relie Chassors à Jarnac offre aussi ses sujets d'instruction. On y marche en plein dans les argiles de Purbeck ; cependant, à droite et à gauche de Nanclas, où le sol a subi des dénudations considérables, on s'aperçoit, aux ondulations du terrain, qu'elles n'ont pas été respectées sur une grande épaisseur et que le calcaire portlandien doit y exister à une faible profondeur. En effet, en infléchissant un peu vers le nord, on voit surgir du milieu de la plaine un petit îlot, sur lequel est assise la ferme de Montjourdain. Cet îlot montre un calcaire feuilleté dendritique avec joints de fausse stratification que l'on observe aussi à Nercillac et qui est caractérisé par les mêmes fossiles. Ce calcaire est surmonté par les bancs de calcaire déjà signalés. On retombe immédiatement après sur les argiles gypsifères qui, vers le Maine-Blanc et Luchat, s'appuient sur le calcaire jaune à la hauteur de Villeneuve; elles contournent un promontoire portlandien par lequel se termine, au nord, le coteau de Chassors : à Réparsac, elles se confondent avec la plaine du Pays-Bas, et viennent se rejoindre entre la Gibauderie et Jarnac, après avoir passé sous Nercillac et la Julienne, et dans tout ce parcours on les voit reposer constamment sur les calcaires de Portland qui s'abaissent pour les recevoir.

La plaine du Pays-Bas, déjà resserrée entre les coteaux de Chassors et ceux des Métairies, qui leur sont opposés, débouche dans la vallée de la Charente par deux goulots, celui que nous avons déjà indiqué entre Jarnac et la Gibauderie, et par un second qui s'ouvre au-dessous du coteau de Souillac par où elle gagne la base des escarpements crétacés des Molidards, en formant une bande découpée de chaque côté de la vallée. Les affleurements des argiles de Purbeck sous les plateaux de Montagaut, de Saint-Même, de Saint-Amand-de-Graves et d'Angeac-Charente, démontrent que, dans le milieu même de la vallée, elles sont marquées en grande partie par les alluvions anciennes et modernes, et que c'est au milieu d'elles que la rivière a creusé son lit. Aussi la faible résistance qu'elles ont opposée aux agents démolisseurs

est attestée par la largeur de la plaine qui s'ouvre depuis Saint-Simon jusqu'à Bourg-Charente. Au delà de ces deux points, où les argiles gypsifères ne sont plus représentées, la rivière se trouve encaissée effectivement entre des coteaux très rapprochés. Au surplus elles pointent de distance en distance au milieu de la plaine, et notamment à la Barde, entre Saint-Même et le pont de la Vinade.

Sur la rive droite de la Charente, elles forment une zone assez large qui s'étend sous les Molidards et vient expirer au-dessus de Vibrac. Seulement, on observe dans cette zone des protubérances à contours émoussés : ce sont autant d'écueils portlandiens cachés sous les argiles, ou bien des îlots émergés. Ainsi, au N.-O. des Plantes, sur la Guirlande, il existe une de ces buttes qui s'avance presque jusqu'à Bassac et qui n'est séparée du coteau calcaire d'Epineuil que par une dépression envahie par les argiles gypsifères. Le portlandien reparaît à Saint-Simon, où il se relève sensiblement et vient, au-dessus de Vibrac, se laisser recouvrir directement par le terrain crétacé, sans l'intermédiaire de l'étage de Purbeck.

Si nous franchissons la Charente, en face de Saint-Simon, et si nous remontons jusqu'aux coteaux qui se dressent au-dessus de Saint-Amand-de-Graves, nous verrons, près de la Natrie, s'échapper de dessous les alluvions anciennes, le calcaire portlandien qui, là aussi, supporte les bancs de calcaire carié, et ceux-ci surmontés par les argiles gypseuses. L'étage de Purbeck est recouvert presque immédiatement par la craie inférieure.

Les environs de Bassac offrent à leur tour une contrée intéressante et conforme à ce que nous ont déjà montré les localités précédentes. Chez-Ville est un petit hameau dépendant de la commune de Bassac et situé au N.-E. de son chef-lieu. Il est assis sur un monticule élevé de 37 mètres au-dessus de l'Océan et de 17 mètres au-dessus de la Charente. Ce monticule est composé de calcaires jaunes avec *Pecten jarnacensis*, *Cardium dissimile* et *Mactra insularum*, fossiles qui abondent dans les excavations qui ont fourni les matériaux avec lesquels les maisons du hameau ont été bâties. Quand on se rend à Bassac par le chemin de Charrette qui aboutit en face de l'ancienne abbaye, on voit les bancs, presque horizontaux sur la hauteur, s'abaisser brusquement vers le sud-ouest, et surmontés presque au niveau de la plaine par des calcaires lithographiques à couches minces, remplis de *Nucula inflexa*. Le banc de calcaire carié apparaît bientôt et au-dessus de lui les argiles gypseuses, que l'on ne quitte plus jusqu'aux bords de la

Charente. Ces argiles sont occupées par des prairies et par des vignobles au milieu desquels on aperçoit quelques fragments d'un calcaire plat et blanchâtre, qui représentent les épaves de la couche de *deux pieds*, que les dénudations et la charrue ont arrachées à leur gisement primitif. Ces argiles, qui se lient sans interruption à celles du Pays-Bas, contiennent, à deux pas de là, dans la commune de Triac, des gypses qui ont été l'objet de quelques recherches.

Bien avant d'atteindre la Charente, les calcaires de Portland et les couches de Purbeck reprennent leurs allures ordinaires, c'est-à-dire une faible inclinaison. Dans l'enclos muré, dépendant de l'ancienne abbaye, on aperçoit sur les bords du canal du moulin les assises inférieures des argiles gypseuses et le banc carié reposant sur le calcaire jaune portlandien. Ce dernier est exploité aux deux extrémités de Bassac. La figure 3 indique les divers rapports que nous venons de signaler.

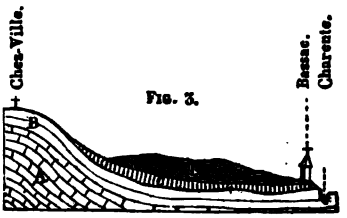


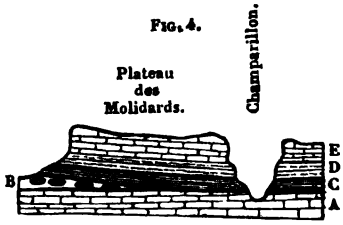
Fig. 3.

A. Portlandien, avec *Pecten jarnacensis*.
B. Portlandien, avec *Nucula inflexa*.
C. Calcaire carié, base du Purbeck.
D. Argiles gypsifères.

Jusqu'ici nous avons vu, de la manière la plus positive, les argiles de Purbeck s'appuyer en concordance de stratification sur les calcaires portlandiens ; mais il ne faut pas perdre de vue qu'elles possèdent tous les caractères d'une formation lacustre, et qu'elles ne doivent constituer par conséquent que des dépôts limités qui n'ont pas pu recouvrir l'étage portlandien sous-jacent dans toute l'étendue de son développement. Ainsi, en dehors de la région du Pays-Bas, où elles ont atteint leur maximum de puissance et séparent nettement le portlandien de la craie inférieure, elles subissent des amincissements successifs jusqu'au-dessus de Vibrac, où elles ne forment plus, entre les argiles lignitifères de la craie et les calcaires de Portland, qu'une bande mince que quelques rognons de gypse, qu'elle retient encore, servent à

faire reconnaître. Mais au-dessus des Courades, les argiles ont disparu, et le second étage de la craie inférieure repose directement sur l'étage portlandien, qui conserve seul le privilége de servir de couronnement à la formation jurassique. Ainsi, dans les vallons voisins de Champarillon et à Nersac, où les escarpements permettent de prendre des coupes de terrains très nettes, on voit les calcaires à Ichthyosarcolites E (fig. 4), les grès D et les argiles lignitifères C se superposer aux calcaires à *Nucula inflexa* A, tandis que sous les Molidards, dans le même coteau, la série crétacée est séparée de ceux-ci par les argiles gypsifères de Purbeck B.

Fig. 4.



A. Portlandien.
B. Argiles gypsifères de Purbeck.
C. Argiles lignitifères.
D. Grès à *Ostrea columba*.
E. Calcaire à *Caprina adversa*.

Cette disposition dévoile les circonstances sous l'empire desquelles le dépôt de Purbeck s'est effectué. En effet, il devient plus que vraisemblable que, immédiatement après la formation du calcaire portlandien, un exhaussement lent a permis aux couches jurassiques de s'élever au-dessus de l'Océan. Une vaste dépression se forma ensuite, dans cette portion émergée, depuis les Molidards jusqu'à la pointe de Chassiron et au delà, et cette dépression fut occupée par un lac d'eau douce au fond duquel se déposèrent les sédiments dont nous fournissons en ce moment la description. L'abaissement des couches portlandiennes partout où affleurent les argiles gypsifères, c'est-à-dire sur les bords du bassin, et leur niveau constamment plus élevé en dehors des affleurements, impriment à notre explication un cachet de vraisemblance qui, à nos yeux, a la valeur d'une théorie démontrée.

Mais poursuivons nos reconnaissances. La route de Jarnac à Sigogne nous montre sur une foule de points le recouvrement du calcaire portlandien par les argiles gypseuses. On y retrouve les mêmes fossiles qu'à Souillac et à Chez-Ville. On constate les mêmes relations sur les contours du grand lac jurassique, à

Macqueville, à Brie-sous-Matha, à Sonnac, à Saint-Hérie, à Blanzac, à Aumagne, à Saint-Même, à Bercloux et à Brizembourg. Dans tout ce vaste périmètre, qui comprend une courbe frangée de plus de vingt-deux lieues de développement, les argiles de Purbeck sont constamment supportées par les calcaires de Portland et ne sont jamais recouvertes. Leur recouvrement s'effectue seulement à partir de Villars, à l'extrémité méridionale de l'arrondissement de Saint-Jean-d'Angély jusqu'aux environs de Bourg-Charente, et depuis Bourg, où les argiles franchissent la Charente, jusqu'au-dessus d'Angeac, où elles cessent. On observe aussi un point recouvert entre les Molidards et les Courades, sur la rive droite de la vallée; mais la formation qui les opprime et les cache au jour est exclusivement crétacée, et de plus un étage comparativement récent de la formation, car le néocomien et le gault font défaut dans les deux Charentes. Nous aurons bientôt occasion de démontrer que la craie s'appuie transgressivement sur les différents étages du terrain jurassique, et que, par conséquent, il devient impossible de souder à son histoire l'histoire des couches de Purbeck.

La plaine du Pays-Bas est parsemée de quelques îlots portlandiens analogues à celui que nous avons reconnu à Montjourdain, entre Jarnac et Chassors. Ainsi, le village de Migron, dans l'arrondissement de Saint-Jean-d'Angély, est bâti sur un monticule isolé, et les puits, qui ont en moyenne une profondeur de 14 pieds, sont formés en entier dans un calcaire jaunâtre avec *Cardium dissimile*.

La butte qui supporte le village de Mons est un peu élevée au-dessus de la plaine, mais beaucoup moins que pourrait le faire supposer le relief exagéré de la carte de Cassini. Son altitude est de 32 mètres seulement, tandis que la Vrignolle qui n'est qu'à deux pas plus bas vers le sud, et où l'on exploite la couche de *deux pieds*, est à 17 mètres. Si le portlandien de Migron, qui a 24 mètres au-dessus de la mer, a été mis à découvert par l'ablation des argiles qui le recouvraient primitivement, le plateau de Mons paraît être dû à un bombement analogue à celui de Souillac, et à la suite duquel le calcaire de Portland a atteint un niveau un peu plus élevé que les localités circonvoisines. On rencontre dans les carrières de Romfort, rapprochées du hameau, ainsi que dans divers points du plateau, le banc de calcaire carié avec les marnes bleuâtres subordonnées. C'est dans celles-ci que j'ai recueilli de nombreux rognons de strontiane sulfatée lithoïde, semblables à ceux que contiennent les marnes gypseuses de Montmartre.

Nous résumerons les documents qui précèdent en disant : 1° que les couches de Purbeck occupent, dans les arrondissements de Cognac et de Saint-Jean-d'Angély, une vaste dépression dont l'axe principal, dirigé du S.-E. au N.-O., aboutit à Vibrac et à Nantillé ; 2° qu'elles reposent directement sur l'étage portlandien, dont les bancs s'inclinent sensiblement vers les points de contact ; 3° qu'elles n'alternent point avec les calcaires de l'étage portlandien, mais qu'elles forment au contraire au-dessus d'eux un étage distinct et séparé ; 4° qu'elles sont recouvertes transgressivement par les grès verts supérieurs.

La plaine du Pays-Bas n'est pas la seule contrée où aient été observées les argiles de Purbeck. On les a reconnues aussi au S.-O. de Rochefort, à Moëse et à Saint-Froult, ainsi qu'à la pointe de Chassiron, dans l'île d'Oléron. Comme elles se prolongent au-dessous de l'Océan, il est impossible de leur assigner des limites fixes. Il est probable que ces nouveaux gisements, qui d'ailleurs ne se montrent pas au jour sur une vaste surface, sont le prolongement des argiles du Pays-Bas, lesquelles sont recouvertes, à partir de Cognac, par le grand manteau de craie qui s'étend sur une partie notable de la Charente-Inférieure et sur les îles voisines du rivage. Si cette supposition, qui a en sa faveur toutes les vraisemblances, se vérifiait, il faudrait attribuer au lac jurassique une extension très considérable et dont l'Océan dérobe à nos yeux une portion inconnue. Il est incontestable toutefois que l'étage purbeckien a été atteint par le sondage exécuté en 1834 dans l'hôpital de la marine de Rochefort, et qui a été poussé jusqu'à la profondeur de 103^{m},40. En effet, jusqu'à la profondeur de 50^{m},40, la sonde a traversé les argiles à *Ostrea columba*, les bancs à Ichthyosarcolites, les calcaires à Milliolites, des marnes et des grès (étage carentonien), puis des argiles noires, pyriteuses, avec succin (étage gardonien). Au-dessous de ce système crétacé, on a avancé de 55 mètres dans une marne fétide qui contenait des écailles de poissons. Ces marnes se rapportent incontestablement et ne peuvent se rapporter qu'aux argiles de Purbeck qui, dans le Pays-Bas comme sous Rochefort, renferment de nombreuses écailles de poissons. Si les argiles eussent manqué dans cette contrée, la sonde eût recoupé infailliblement les calcaires portlandiens qui existent dans les environs ; mais, au-dessous des argiles gypsifères, Rochefort est distant de 9000 mètres environ du village de Saint-Froult, où affleure le purbeckien et où l'on a exploité du gypse. Il est donc bien prouvé que les affleurements de Saint-Froult et de Moëse se lient à un dépôt souterrain qui s'étend sous le

errain de craie, et du côté de Cognac et du côté de l'Océan.

Lorsque je visitai Saint-Froult en 1850, l'extraction de la ierre à plâtre avait cessé depuis bien des années. J'ai pu m'asurer seulement, en parcourant les haldes anciennes, que le gypse, insi que les argiles ramenées de la profondeur, étaient identiques ıvec les matériaux de même nature qu'on rencontrait dans le Pays-Bas. J'avais observé les argiles en place dans les marais saants, à la base même du coteau sur lequel s'élève le village, et 'avais recueilli un peu au-dessus de la plaine, dans un banc calcaire subordonné, des myriades de Cyclades mêlées à des dents et ı des écailles de poissons. C'étaient bien là la place et les fossiles le la couche de *deux pieds*, si caractéristique de la formation du Pays-Bas. A la profondeur de 45 pieds, d'après ce que me rapporte le propriétaire du terrain où les puits avaient été creusés, on avait été arrêté par la rencontre d'un calcaire jaune dont il me montra des fragments, et dans lesquels je recueillis le *Pecten jarnacensis* et la *Mactra insularum*.

Ces renseignements ne cadrent pas exactement avec ceux qu'on a fournis à M. Manès; car, suivant ce géologue, les argiles n'auraient pas été traversées complétement. Elles comprendraient, à la profondeur de 5 mètres, un banc d'environ $1^m,50$ d'épaisseur, d'un gypse fibreux, saccharoïde ou lamellaire, dont la formation ne diffère point, comme on le voit, de celle des gypses des environs de Matha. Toutefois, ces versions, malgré leurs légères variations, ne sauraient prévaloir contre l'autorité des faits qui sont bien loin de concorder avec l'opinion exprimée par M. Dufrénoy, ce savant admettant que le gypse est subordonné à Saint-Froult au calcaire à Ichthyosarcolites. Ce dernier existe bien, il est vrai, sur les coteaux opposés de la Bridonnerie, par exemple, mais à coup sûr il ne franchit pas le chenal par lequel sont alimentés les marais salants qui sont en plein dans le purbeckien.

M. Manès cite encore les argiles gypsifères au sud de Saint-Froult, dans les environs de Moëse, où abondent les fossiles du calcaire de Purbeck.

Enfin, les argiles gypseuses existent dans l'île d'Oléron. Je parcourais cette île en 1832; mais à cette époque je n'étais point assez familiarisé avec l'étude de la géologie pour pouvoir saisir les rapports des divers étages de la formation jurassique. Seulement, j'avais rapporté des environs de Saint-Denis des fossiles qui se sont trouvés être les mêmes que ceux des coteaux de Jarnac.

M. Manès décrit les argiles de Purbeck du nord du château et du rocher de la Mortanne, mais elles sont beaucoup mieux déve-

loppées et plus apparentes aux environs de Saint-Denis ; elles forment un dépôt qui constitue presque toute la falaise entre Saint-Denis et Chassiron.

Vers la pointe de Chassiron, et sous une inclinaison générale de 25 degrés au S.-E., M. Manès a vu à la base une masse de calcaire jaunâtre surmontée d'un banc de 15 à 20 mètres d'argile. Vers la Morlière, et sous une inclinaison générale de 10 degrés au N.-O., le même géologue a observé une alternance de marnes schisteuses, lignitifères, et de petits bancs de calcaire marneux ou de calcaire rugueux, sur une épaisseur de 2 mètres environ, une couche supérieure d'argile schisteuse, de 1 mètre d'épaisseur, avec boules disséminées de gypse saccharoïde et lamellaire, enfin, dans le haut de la falaise, environ 4 mètres d'une alternance de marnes grisâtres et de calcaire jaunâtre. A Saint-Denis, un puits foncé dans ce dernier calcaire, sur la route du port, a rencontré, à la profondeur de 24 mètres, un banc de $0^m,15$ à $0^m,20$ de gypse, qui a été essayé et trouvé très bon (1).

Les descriptions et les détails qui précèdent sont suffisants pour indiquer que les rapports que nous avons observés dans le Pays-Bas, entre les calcaires portlandiens et les argiles gypsifères, subsistent les mêmes sur les bords de l'Océan. Il nous reste à démontrer que l'étage de Purbeck, quoique distinct de celui de Portland, fait partie néanmoins du terrain jurassique et non point du terrain crétacé.

Les divers travaux publiés sur la géologie du sud-ouest de la France ont établi pertinemment que la formation crétacée n'y est point aussi complète que dans d'autres régions, le bassin de la Seine ou la Provence, par exemple, puisque le terrain néocomien tout entier, le gault et les couches de Sainte-Catherine, près Rouen, y manquent d'une manière absolue. On sait aussi que la craie y a débuté par les argiles lignitifères de l'île d'Aix, c'est-à-dire par le second étage de la craie inférieure ; mais, à partir de ce point, les étages s'y sont succédé régulièrement et sans interruption jusqu'aux couches supérieures de Maëstricht. Il n'est pas douteux, par conséquent, que le terrain jurassique, après la révolution qui mit fin à son existence, dût être émergé jusqu'au moment où la mer crétacée vint envahir le sud-ouest. Cette vérité est confirmée par la façon dont se comportent les étages de la formation de craie par rapport à ceux de la formation jurassique. En effet, les premiers sédiments déposés au fond de cette mer

(1) M. Manès, *loco citato*, page 426.

reposent d'une manière transgressive et indifféremment sur tous les étages du terrain jurassique qu'ils peuvent atteindre. C'est ainsi que depuis les environs de Saint-Sulpice, au-dessus de Cognac, jusqu'au delà de Tonnay-Charente, ils recouvrent les étages purbeckien, portlandien et kimméridgien. Depuis Saint-Sulpice jusqu'à Angeac-Charente, ils recouvrent les argiles de Purbeck; depuis Nersac jusqu'à Angoulême, ils recouvrent les étages portlandien et kimméridgien. Dans les alentours de Garat, de Bouex, de Grassac, ils s'appuient indistinctement sur les étages corallien et oxfordien. Or, comme le recouvrement s'opère invariablement par un étage unique, celui des argiles de l'île d'Aix, qui est en même temps le plus inférieur de la formation, l'indépendance réciproque des termes recouverts et des termes recouvrants devient chose clairement démontrée, d'après des témoignages irréfragables. Donc les argiles de Purbeck appartiennent bien réellement à la formation jurassique.

Si, après avoir indiqué la nature des matériaux dont est composé notre étage, ainsi que l'ordre dans lequel ils sont disposés, nous parvenons à leur reconnaître une origine lacustre, il ne nous sera pas difficile de faire admettre leur parallélisme avec les assises lacustres qu'on observe soit en Angleterre, soit dans la chaîne du Jura, entre l'étage portlandien d'un côté et le terrain néocomien de l'autre, et de montrer ainsi l'importance que cet étage, à peine soupçonné en France, a réellement dans la géologie de cette contrée.

La composition du système de Purbeck, dans toute l'étendue de la formation, est constante et simple en même temps.

Elle consiste, en les énumérant à partir de la base, dans les termes suivants :

1° Calcaire carié, avec marnes subordonnées.	1m,60
2° Argiles gypsifères	35 à 40m,00
3° Couche calcaire, dite de *deux pieds* . . .	0m,66
4° Argile supérieure.	12 à 15m,00
Épaisseur totale.	50 à 58m,00

I. Calcaire carié. — Il ressemble à une véritable cargneule, telle qu'on en observe dans le muschelkalk ou dans le lias inférieur. Il est formé d'une masse concrétionnée, stalactitique et cloisonnée. Les parois des cloisons consistent en un calcaire cristallin ou terreux : elles sont irrégulières, polyédriques et emprisonnent une marne grise ou verdâtre qui a disparu dans les

affleurements anciens, qui prennent alors un aspect caverneux. On dirait que le carbonate de chaux a rempli après coup des fissures que le retrait aurait provoquées au milieu d'une marne argileuse dont il serait pour ainsi dire le squelette. Le calcaire carié est toujours accompagné à sa base et à sa partie supérieure d'une couche de marnes verdâtres entre lesquelles il forme un banc unique, ou bien il se montre disposé en petites plaques juxtaposées. Je n'y ai jamais observé de fossiles.

II. Argiles gypsifères. — La roche dominante de l'étage de Purbeck est l'argile; tous les autres matériaux lui sont subordonnés. Ses couleurs sont le gris cendré, le verdâtre ou le noirâtre. Elle est disposée en couches minces, régulières, parallèles entre elles et offrant un nombre très considérable de courbes ondulées, telles qu'on en observe fréquemment dans les *terrains* lacustres. Ce caractère est surtout nettement accusé dans les tranchées fraîchement taillées. Les argiles n'offrent de traces ni de grains de quartz ni de parcelles de mica; elles sont légèrement calcaires. Elles se rapprochent beaucoup des glaises franches, sont liantes comme elles et sont estimées pour la fabrication des tuiles Leur ténacité rend le parcours à travers le Pays-Bas très fatigant, lorsque le sol est détrempé par les pluies. Si le gris et le noirâtre sont les couleurs dominantes, cependant les teintes verdâtres, rougeâtres et jaunâtres sont assez souvent représentées, et toutes ces nuances alternantes donnent à l'ensemble un aspect panaché et jaspoïde qui rappelle d'une manière frappante la livrée des marnes irisées. Cette ressemblance se complète par l'existence du gypse qu'on exploite au milieu des argiles et qui s'y trouve engagé sous forme d'amas lenticulaires interrompus, d'un volume variable. Toutefois, bien que la pierre à plâtre ne se présente pas en bancs continus dans toute l'étendue de l'étage, elle est répandue assez abondamment pour qu'il ait été possible d'attaquer plusieurs gisements qui ne sont pas dépourvus d'une certaine importance. Par malheur, la profondeur à laquelle on est obligé de parvenir avant de l'atteindre, et la faible élévation de la plaine au-dessus des cours d'eau, n'ont permis d'ouvrir que des chantiers inondés qu'on ne peut guère mettre en activité que pendant les mois les plus chauds de l'année.

Les argiles contiennent en assez grande abondance des fragments de végétaux carbonisés, ainsi que des écailles, des dents et des ossements de poissons.

III. Gypse. — Cette substance s'y présente à l'état fibreux, lamellaire ou saccharoïde. Il serait sans intérêt de décrire ici d'une

manière détaillée les diverses variétés sous lesquelles se montre la pierre à plâtre. Leur description trouvera plus naturellement sa place dans l'énumération des coupes que nous donnerons bientôt des principales carrières. Il nous suffira de dire, pour le moment, que le gypse est engagé dans la partie moyenne de l'étage et qu'il est complétement subordonné aux argiles. Je n'y ai jamais observé le moindre vestige de corps organisé fossile, si ce n'est une branche d'arbre que j'ai eu l'occasion de voir dans la collection de M. Bauga; mais les argiles interposées contiennent des écailles de poissons.

IV. Couche calcaire de deux pieds. — Nous devons mentionner d'une manière toute spéciale l'existence, au-dessus des gypses et complétement noyé dans les argiles, d'un petit système de couches minces et régulières d'un calcaire jaunâtre ou grisâtre, à grains serrés ou oolithiques, généralement assez solides, exhalant sous le choc du marteau cette odeur *sui generis* particulière aux calcaires lacustres, et que le géologue exercé sait si bien reconnaître, s'il ne peut la décrire. Ce système, remarquable par sa persistance dans toute l'étendue de la formation, dessine un de ces excellents horizons, comme on est heureux d'en trouver quelquefois, et, d'autant plus intéressant dans la contrée du Pays-Bas, que c'est lui qui fournit les diverses coquilles d'eau douce qui permettent d'assigner à l'étage de Purbeck une origine lacustre. Son épaisseur oscille entre un pied et demi et deux pieds, et elle est rarement dépassée. Voilà pourquoi nous l'avons désignée par le nom de *calcaire de deux pieds*. Toutes les fois que les dénudations ne l'ont pas emporté, on est bien sûr de le rencontrer dans la position voulue. Si, au contraire, il se trouve trop près de la surface, ou si les pluies, en détrempant et emportant les argiles inférieures, l'ont privé du support qui le maintenait en place, ou bien si la charrue l'a arraché à son gisement naturel, le calcaire de deux pieds est disloqué et ses fragments gisent épars çà et là sur le sol, comme si les champs sur la surface desquels ils sont dispersés avaient été visités par un courant qui y aurait transporté des galets de rivière. En effet, ces fragments, par une longue exposition à l'attaque des agents extérieurs, finissent par perdre leurs angles et leurs arêtes vives et prendre l'apparence de véritables galets; mais un simple coup d'œil suffit pour faire voir que la surface en est rugueuse et manque de poli. Le Champ-Blanc, près de la forêt de Jarnac, les environs de Bassac et de Triac offrent souvent des étendues plus ou moins larges occupées par ces fragments éparpillés. Les variétés qui sont le plus fréquemment

représentées dans le calcaire de deux pieds et qu'on rencontre dans presque tous les gisements, sont les suivantes :

A. *Oolitique.* — Cette variété consiste en un calcaire composé d'oolithes grises ou brunâtres, de la grosseur moyenne d'un grain de millet, irrégulières, bosselées ou aplaties, très serrées et engagées dans un calcaire de même nature, mais d'une couleur un peu plus claire. Leur cassure est pierreuse. Cependant leur centre offre quelquefois une petite cavité tapissée de points cristallins, indice d'une tendance à la forme géodique. Souvent elles forment la masse entière de la roche, ou bien elles alternent ou se mélangent avec des calcaires marneux qui, dans ce cas, possèdent la structure feuilletée ; plus rarement elles dessinent des espèces de traînées au milieu d'un calcaire compacte. Quand les oolithes sont isolées, elles ne présentent pas toutes les mêmes dimensions ; on en voit un certain nombre qui sont plus aplaties et prennent l'aspect et la forme des lentilles. Examinées à une forte loupe, elles montrent dans la cassure une structure rubanée, concentrique, qui trahit suffisamment leur origine travertineuse. Ce sont ces corps qui, lorsqu'ils sont d'un très petit volume, de taille uniforme, et accumulés sur les plans de séparation des couches, ont été pris pour des *Cypris ;* c'était aussi mon opinion, le premier jour que je récoltai de ces calcaires dont la position justifiait la présence de ces petits crustacés ; mais une observation attentive faite dans le cabinet me prouva que la forme de ces oolithes n'avait rien d'organique.

On trouve les calcaires oolithiques bien représentés dans le Pays-Bas, à Croix-de-Pic, à Montgaud, à Nantillé, à Tolnot, à Orlut, ainsi que dans les environs de Triac.

B. *Concrétionnée.* — Cette variété est formée de petits globules miliaires concrétionnés, composés d'un calcaire cristallisé, et agglutinés les uns avec les autres sans apparence de ciment. Comme ces globules sont presque tous sphériques et que l'adhérence ne s'établit que par quelques points, il résulte de cette disposition que la masse est criblée de nombreuses vacuoles qui la rendent finement poreuse. Cette variété n'est qu'une modification de la précédente et qui a dû se former dans des conditions à peu près identiques. Elle abonde à Vrignoles, à Montgaud, à Montour et à Audebert, entre Sigogne et Riparsac, où elle est exploitée comme pierre à paver.

C. *Travertineuse.* — Cette variété est représentée par un calcaire grisâtre ou blanchâtre, marbré de jaune, à cassure pierreuse et lithographique, mais traversé dans tous les sens par des tubulures

irrégulières, qui sont quelquefois de véritables crevasses et lui donnent l'apparence d'une pierre meulière. Quelques échantillons présentent aussi une structure stratoïde très prononcée et qui les ferait prendre pour du travertin moderne. Le coteau de Souillac à sa base, les carrières d'Audebert, Montour, Sainte-Sévère sont les localités où ce calcaire travertineux se montre avec le plus d'abondance.

D. *Lumachellaire.* — Il arrive souvent que le calcaire de deux pieds se convertit en une vraie lumachelle formée presque entièrement par des coquilles bivalves, généralement écrasées et tellement pressées que le ciment qui les unit est à peine visible. L'entassement de ces coquilles en lits alternatifs se traduit par une structure schistoïde qui permet de subdiviser les bancs en plaques minces et à faces parfaitement parallèles. Les espèces qui ont concouru à leur formation appartiennent aux genres *Cyclas* et *Cyrene*. On y remarque aussi des Corbules, autant du moins qu'il est possible de bien les reconnaître dans des moules imparfaits, des *Physes*, des *Paludina*, des *Auricula* et des *Melania;* mais les univalves y sont rares. Le jour où la Société géologique de France visitait les carrières de gypse de Montgaud, j'eus la bonne fortune d'y recueillir un exemplaire magnifique de la *Physa Bristovii* Forbes. Les lumachellaires sont tantôt compactes, comme à Saint-Froult, d'où j'ai rapporté de très belles Cyclades, à Montgaud et à Nantillé, tantôt travertineux, comme à Vrignolles, à Orlut, et tantôt marneux, comme à Sainte-Sévère, à Triac et à Nantillé. Des écailles et des dents de poissons se trouvent très souvent mêlées aux coquilles fluviatiles.

E. *Compacte.* — Cette variété consiste en un calcaire blanchâtre ou rosâtre, pierreux, à cassure esquilleuse et ordinairement constellée de dendrites de manganèse peroxydé. Cette variété, qui est la plus commune, se trouve à Montour, à Champ-Blanc et dans les communes de Triac, de Bassac, de Jarnac et sous les Molidards.

F. *Marneuse.* — C'est un calcaire blanchâtre, marneux, donnant par insufflation une odeur prononcée d'argile et présentant une structure un peu schisteuse.

Ces diverses variétés n'ont rien de bien absolu dans leur distribution géographique. Elles passent fréquemment les unes aux autres dans un même gisement; mais on peut dire d'une manière générale que les variétés travertineuses, lumachellaires et compactes sont prédominantes. Voilà pourquoi, partout où on peut atteindre, sans trop de frais, la couche de deux pieds, elle devient

l'objet d'une exploitation active, le Pays-Bas n'offrant pas d'autres matériaux solides qu'on puisse utiliser comme moellons.

Nous avons dû nous appesantir sur la description de ce calcaire un peu plus que sur celle des argiles et des gypses, d'abord parce qu'il contient les fossiles d'eau douce, et ensuite parce que la forme, grossièrement oolithique qu'il prend quelquefois, a été un des motifs qui ont fait considérer par quelques géologues les argiles gypsifères du Pays-Bas comme enclavées dans l'étage portlandien, et par conséquent recouvertes en partie par lui. Il était utile aussi de bien définir ses caractères et sa position, pour qu'on pût le distinguer nettement des calcaires jaunes et lithographiques qui forment le couronnement de l'étage de Portland et sur lesquels les couches de Purbeck sont constamment appuyées.

G. *Argiles supérieures.* — Les argiles qui surmontent le calcaire de deux pieds ne diffèrent pas des argiles inférieures. Nous ne les mentionnons ici que pour bien indiquer l'ordre dans lequel se superposent les matériaux de l'étage de Purbeck. J'ai remarqué pourtant, partout où j'ai pu les étudier, qu'elles étaient rouges à leur partie supérieure, ainsi qu'on peut s'en assurer en face de la montée de Montagaut, près de Jarnac, sur la route impériale, à Fontaulière-sous-Cherves, à Saint-Même, etc.

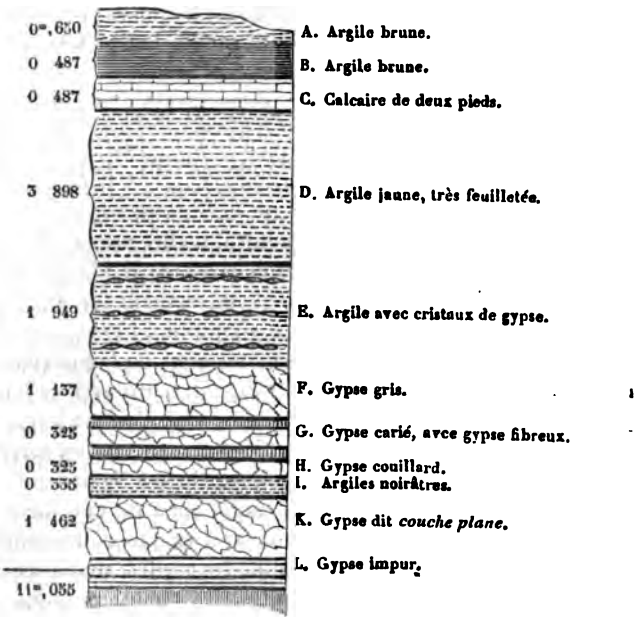
Les coupes suivantes, que nous avons relevées avec soin, donneront une idée exacte de la manière dont les éléments constitutifs de la formation purbeckienne sont distribués sur divers points du bassin qu'ils occupent, et en même temps des différences qu'ils présentent suivant les localités où on les observe.

Les carrières de Montgaud sont sans contredit un des points les plus instructifs pour ce genre d'étude; c'est par lui que nous débuterons.

Montgaud est placé à l'ouest dans le Pays-Bas, un peu au-dessous des escarpements crétacés qui dominent la plaine. Quand on arrive aux plâtrières par Cherves, on observe dans Cherves même le calcaire à Ichthyosarcolites, au-dessous le grès à Orbitolites, et enfin les argiles bleues lignitifères, qui forment la base de la formation crétacée. Un peu au-dessus des fossés de la route, ce système est recouvert par des sables tertiaires. Aux argiles lignitifères succèdent des argiles d'un rouge-amarante foncé, qui appartiennent aux couches de Purbeck et qui recouvrent elles-mêmes d'autres argiles grisâtres ou verdâtres que le desséchement sépare en petites mottes, lesquelles s'écrasent en poussière sous les doigts quand on les presse, et se réduisent dans l'eau en une boue liquide plutôt qu'en une pâte tenace ou liante.

Ces argiles vous conduisent jusqu'aux carrières exploitées près du village de Montgaud. La fig. 5 donne les détails de la carrière Durand. On remarque :

Fig. 5.



1° Une argile compacte A, un peu rougeâtre, qui constitue elle-même le sol végétal des environs.

2° Un ensemble de couches d'une argile très feuilletée B, brune, passant à l'argile précédente.

3° Une série de couches très minces et très régulières d'un calcaire C (*couche de deux pieds*), de couleur jaunâtre ou grisâtre, à grains fins, ou oolithique, très solide, et contenant des coquilles d'eau douce.

4° Une masse d'argiles D, jaunâtres, feuilletées et régulièrement stratifiées, renfermant des branches de végétaux carbonisés.

5° Des argiles noirâtres très feuilletées E, dont chaque feuillet est séparé des feuillets contigus par un enduit noir comme de l'encre. Cet enduit disparaît au feu, et il est certainement dû à la décomposition de matières animales ou végétales ; on y remarque quelques cristaux de gypse mal conformés.

6 Gypse grisâtre F, presque lamelleux, contenant par places des rognons ou des boules d'albâtre blanc ou jaune roussâtre, se fondant dans la masse. Le tout est entremêlé de veines irrégulières d'argile noire. C'est la couche que les ouvriers appellent le *plâtre gris*.

7° Gypse G, lamelleux, gris, intercalé entre deux couches d'un gypse fibro-soyeux blanc, teinté de gris, dont la direction des fibres est perpendiculaire au plan des couches. C'est la couche dite, par les ouvriers, *plâtre carré avec bandes de lard*.

8° Gypse saccharoïde ou lamelleux H, noir de fumée, mais tellement souillé d'argiles, qu'on le rejette sur les harles. C'est le *plâtre couillard* des ouvriers.

9° Argiles I, feuilletées, noirâtres.

10° Gypse K, nommé la *couche plane*, et la plus importante de toutes, composée d'une pierre à plâtre compacte, grise, et traversée par des veines d'une argile noirâtre, brillante et onctueuse.

Ce banc, que l'on enlève à la poudre, n'offre pas une continuité constante dans toute l'étendue de la carrière; il admet *quelquefois* des nids d'argile qui, en l'interrompant, ont forcé le gypse à revêtir une structure tuberculeuse en grand.

On trouve au-dessous de la *couche plane* de la pierre à plâtre impure, disposée en plaques minces, alternant avec les argiles. Les travaux n'ont pas été poussés plus bas. Comme la plaine ne comporte aucun moyen naturel d'écoulement, on est forcé de se débarrasser des eaux avec des pompes. On est également obligé de dégager les bancs exploitables d'une quantité énorme de matériaux stériles qui les recouvrent et avec lesquels on remblaye les portions déjà fouillées; mais, comme les argiles, une fois détrempées par l'eau, deviennent coulantes, les chantiers seraient bien vite envahis par les boues, si le calcaire de *deux pieds* n'était utilisé pour élever des murs secs qui s'opposent à leur marche.

On remarque assez fréquemment au milieu des argiles des troncs et des branches d'arbres passés à l'état de lignite. M. Bauga possédait dans sa collection, à Cognac, un fragment de bois enclavé dans le gypse même.

Les fossiles n'abondent point dans les argiles. Les calcaires de deux pieds seuls en contiennent une assez grande quantité; mais ils ont été écrasés si fortement qu'il est difficile de se procurer des exemplaires déterminables. Ce sont en général des bivalves, à stries concentriques très fines, qui se rapportent au genre *Cyclas*, et dont les moules internes présentent très nettement les deux impressions musculaires; on y reconnaît aussi des Cyrènes, puis des Paludines, des Physes et des Auricules. S'il n'est pas toujours possible d'arriver à la détermination rigoureuse des espèces, on peut affirmer qu'il est impossible d'errer quant aux genres. Parmi les bivalves, on en aperçoit quelques-unes dont la valve inférieure déborde légèrement au-dessus de la valve ventrale et qui semblent

présenter les caractères des Corbules. Je n'oserais point attester néanmoins que ces coquilles appartiennent réellement à ce genre. Toutefois ce fait n'offrirait rien de surprenant; car les Corbules ont été signalées aussi associées avec les Cyclades, les Cyrènes et les Paludines, dans les couches de Purbeck de l'Angleterre et de la chaîne du Jura.

Les plaques sur lesquelles se trouvent les fossiles en sont littéralement couvertes, et rappellent, par leur excessive profusion comme par leurs formes, les bancs à Cyclades des terrains tertiaires à lignites du midi de la France. Quant aux corps ovoïdes que l'on serait tenté de prendre pour des *Cypris*, leur examen à la loupe prouve que ce sont des pisolithes à couches concentriques.

Les plâtrières ne sont point recouvertes dans la plaine, et il serait difficile de fixer, d'après leur étude seule, leur place dans la série stratigraphique des terrains, si les escarpements crétacés qui s'élèvent sur les bords du bassin ne permettaient pas de la reconnaître inférieure au terrain de craie. Ainsi des sondages exécutés à l'Affranchie, station située entre Montgaud et les coteaux occidentaux de la contrée, jusqu'à la profondeur de 107 pieds, ont traversé des sables argileux à Orbitolites, des argiles lignitifères, puis d'autres argiles concomitantes du gypse. On n'a pas poussé plus loin le sondage; car on était certain de recouper les gypses à une profondeur de 15 ou 20 pieds au-dessous du point auquel on s'était arrêté.

De Montgaud à Croix-de-Pic, plâtrière située plus à l'est, on ne marche plus que sur des argiles grises d'une monotonie fatigante, et parsemées à leur surface de quelques plaques de calcaire blanc qui ne sont autre chose que des fragments provenant de la *couche de deux pieds*, et dont les bancs se voient en place de distance en distance dans les fossés, ou bien dans quelques petites éminences, quand ils ont été protégés par un manteau d'argiles. On voit aussi que la terre végétale est formée au détriment des argiles brunes ou grises du terrain gypseux, ce qui leur donne, à s'y méprendre, l'apparence des terres alluviales du delta du Rhône.

Les carrières de Croix-de-Pic sont à 3 kilomètres environ de celles de Montgaud; elles sont délaissées, ou du moins elles l'étaient en 1849. On aperçoit encore, dans les anciennes excavations à moitié éboulées, le banc calcaire de *deux pieds* que nous avons précédemment décrit.

A 2 kilomètres au sud de la Croix-de-Pic, on exploite les plâtrières dites de Champ-Blanc. Ce nom a été donné à ce petit

hameau, à cause de la quantité prodigieuse de pierres blanches qui gisent au milieu des champs argileux et qui proviennent du démolissement de la couche.

La plâtrière des Alaigues, au nord-ouest de Champ-Blanc, donne la succession des couches suivantes :

1° Argile bleu pâle feuilletée, 2 mètres.
2° Marnes argileuses, jaunâtres, alternant avec des argiles grises, 1m,38.
3° Argiles noires, feuilletées, 1m,38,
4° Gypse rubané, impur, souillé d'argile noirâtre, 0m,55.
5° Gypse gris, avec rognons abondants d'albâtre blanc, roussâtre ou rosé, avec veine d'argile, 3m,35.
6° Gypse fibreux, blanc, en petites plaques, noyé dans l'argile noire, non exploité.

En comparant cette coupe avec celle de Montgaud, on voit que la couche de *plâtre gris* et la couche dite *plane* sont contiguës sans l'intermédiaire du *plâtre carré* et du *plâtre couillard*. On voit aussi que les bancs calcaires font défaut aux Alaigues, non pas qu'ils y aient toujours manqué ; mais, comme les buttes des alentours de Champ-Blanc, où la couche de deux pieds abonde et se trouve en place, occupent un niveau plus élevé que le ciel de la plâtrière, il est évident que celle-ci a été emportée sur plusieurs points à la suite de dénudations postérieures, ce qui d'ailleurs est surabondamment démontré par la grande quantité de débris épars que l'on rencontre au milieu des champs. D'un autre côté, les grandes dépenses qu'entraîne l'enlèvement des terres recouvrantes ont engagé les exploitants à choisir, pour l'emplacement des carrières, les points de la surface les plus rapprochés de la pierre à plâtre, et à se placer par conséquent au-dessous de la *couche de deux pieds*.

On observe dans la plâtrière qu'on exploite aux Toinots, à 3 kilomètres au sud de Champ-Blanc, les assises suivantes :

1° Argile grise, brune, feuilletée, et terre végétale.
2° Calcaire de *deux pieds*, en bancs réguliers, 0m,66.
3° Argile feuilletée, jaune, à stratification ondulée, 2m,70.
4° Argiles feuilletées, noires, 2m,70.
5° Gypse gris, avec albâtre jaune de miel ou blanc, 2 mètres.
6° Gypse fibreux, sans argile.

On voit que la couche de gypse exploitée aux Toinots possède à peu près la même épaisseur qu'à Champ-Blanc, et que les dis-

inections plus nombreuses qu'on pourrait établir à Montgaud ne onstituent guère que des variations locales sans importance qui ne troublent pas sensiblement l'uniformité du plan d'après lequel 'est développée la formation gypseuse. D'ailleurs, on ne doit pas 'attendre à une grande régularité dans les allures que des amas enticulaires, et par conséquent discontinus, présentent suivant les livers points du bassin ou des masses auxquels on constate leur résence; on sait qu'il en est de même pour les dépôts gypseux u salifères de l'étage des marnes irisées. Les couches, aux Toinots, plongent sous un angle de 15 à 18 degrés vers le sud-ouest, xactement comme les argiles lignitifères et les calcaires à Ichthyoarcolites du terrain de craie qui leur sont superposés.

Les fossiles ne sont point rares dans cette localité : ce sont toujours les mêmes calcaires lumachellaires à Cyclades et à Cyrènes, avec des pisolithes entassées pêle-mêle. La couche de deux pieds y est exploitée avec beaucoup d'activité; elle fournit des moellons d'une qualité excellente, que l'on obtient en plaques d'une régularité parfaite; sa faible épaisseur réduit malheureusement l'exploitation à des proportions exiguës. On a fait sonder entre les Toinots et Gandorry, presque à la limite du terrain de craie. La pierre à plâtre y a été atteinte à 21 pieds au-dessous du sol.

Nous retrouvons encore en dehors du Pays-Bas proprement dit deux gisements de gypse toujours subordonnés aux argiles de Purbeck. Le premier de ces gisements s'observe près de Triac, non loin de la place où le prince de Condé fut assassiné. Le village même de Triac repose sur la couche calcaire de deux pieds, qui en cet endroit dépasse quelquefois l'épaisseur de 2 mètres et est l'objet de plusieurs exploitations. Au nord, et à 600 mètres environ de Triac, on a ouvert, dans la propriété de M. Gontier, une carrière de pierre à plâtre aujourd'hui délaissée, dont les caractères et les roches rappellent si exactement les plâtrières que nous avons signalées, et celles des Molidards que nous allons décrire, qu'il serait superflu d'en consigner ici les détails.

Le second gisement est celui des Molidards qui, observé et décrit pour la première fois par M. Marrot, a été rapporté par cet ingénieur au calcaire portlandien.

Cette idée, si elle n'était pas parfaitement exacte, avait au moins le mérite de soustraire les gypses à la formation crétacée pour les attribuer au terrain jurassique auquel ils appartiennent réellement. La description qui en a été donnée est très exacte, et nous ne saurions mieux faire que de la transcrire ici. Ainsi que

cela a déjà été expliqué, on sait que c'est sous les Molidards que se termine, vers l'est, la formation lacustre de Purbeck.

On voit (1), dit M. Marrot, au village de Boucher, au-dessous d'une couche mince de terre végétale, des argiles à petites strates bien parallèles. Ces argiles schisteuses, grises, fines, onctueuses et très liantes, n'offrent point de paillettes de mica ni de grains sableux. Au-dessous règnent quelques petites strates de calcaire compacte, très dur, d'un rose clair, en plaquettes séparées, mais formant des strates non interrompues. Elles recouvrent une assez grande épaisseur d'argiles schisteuses semblables aux précédentes, alternant avec quelques petites strates très rares de calcaire dur, comme celui qui vient d'être décrit. A 5 mètres au-dessous de la surface, on trouve la marne gypseuse. La partie inférieure est formée de rognons et de pains discoïdes juxtaposés, d'un plâtre rose très lamelleux. La surface comprimée de ces pains un peu arrondis offre un poli remarquable qui semble dû à une action mécanique qui aurait agi avec beaucoup de régularité. Au-dessous se trouve le banc principal ; c'est un plâtre saccharoïde passant quelquefois au lamelleux, formant une masse continue, sauf de rares fissures remplies d'argile et de gypse fibreux. Au-dessous règne une strate continue, un peu onduleuse, de gypse fibreux, à fibres verticales, dont l'épaisseur varie de $0^m,02$ à $0^m,05$. Sous le plâtre, on trouve des argiles semblables au recouvrement, dont on n'a point sondé la profondeur.

Il existe d'autres exploitations de gypse près des villages de la Barre et des Quillets, dans le voisinage de la plâtrière du Boucher.

Voici la coupe du fond de la carrière des Quillets, telle que M. Marrot l'a observée en 1843, et qui différait fort peu lorsque je l'ai revue en 1856.

Au-dessous d'une petite épaisseur de terre végétale, argiles feuilletées, grises, fines, onctueuses, non micacées, recouvertes par une strate mince de calcaire rosé, dur et très résistant ; au-dessous de ces argiles, alternance d'argiles semblables et de strates minces de calcaires gris ou rosés, durs, très tenaces, puis un banc d'argile feuilletée qui recouvre le gypse. Le banc principal est semblable à celui de la carrière de Chez-Boucher, mais un peu moins épais. Les rognons ou pains qui le recouvrent ne sont pas continus, mais la bande inférieure de gypse fibreux se retrouve constamment. Le gypse qui constitue les pains supérieurs et le banc principal est saccharoïde, à petits grains, d'une teinte blan-

(1) M. Marrot, *Journal manuscrit des observations faites en* 1843.

hâtre rosée, passant quelquefois au jaune brunâtre. Cette dernière couleur est celle des parties lamelleuses. Le plâtre fibreux inférieur est blanc ou légèrement teinté de gris.

M. Marrot ajoute qu'en s'avançant au sud-ouest vers Saint-Simon, le terrain s'élève un peu, que l'on trouve des bancs minces d'un calcaire jaunâtre, à cassure conchoïde, alternant avec des oolithes miliaires et des calcaires grisâtres, qui sont pour lui des calcaires portlandiens, et qu'il lui est impossible de ne pas être convaincu qu'ils *occupent un niveau géologique supérieur à celui des terrains gypseux.*

Or, c'est justement là l'erreur de M. Marrot; les calcaires qu'il signale sont bien effectivement portlandiens, les mêmes que ceux que nous avons décrits à Souillac, à Chassors, à Chez-Ville, avec *Nucula inflexa* et *Cardium dissimile;* mais, au lieu de recouvrir le gypse, comme le suppose M. Marrot, ils le supportent au contraire. Si, dans la direction de Saint-Simon, ils occupent un niveau supérieur à celui des argiles gypsifères, cet exhaussement du portlandien tient à une particularité que nous avons déjà signalée ailleurs et qui se reproduit ici, laquelle consiste en ce que, vers les limites d'affleurements des couches de Purbeck, les bancs s'infléchissent considérablement pour se relever ensuite et former ces coteaux, dont les mêmes bancs, grâce à cette inflexion, dominent la plaine du côté relevé, et du côté infléchi forment la sole sur laquelle la plaine est assise.

Ainsi tombe le seul argument d'après lequel on avait été conduit à introduire, mal à propos, comme nous venons de l'indiquer, dans l'étage portlandien les couches de Purbeck qui cependant lui sont supérieures. On peut d'ailleurs constater le recouvrement direct des argiles gypsifères entre les Molidards et les Courades; mais ce sont les argiles lignitifères de la craie, les grès à Orbitolites, les calcaires à Ichthyosarcolites qui les recouvrent et non les couches de Portland.

Du coteau des Molidards jusqu'à Saint-Simon, on voit très bien l'ordre dans lequel les étages du terrain jurassique et du terrain crétacé sont disposés dans la contrée étudiée et citée par M. Marrot.

L'arrondissement de Saint-Jean-d'Angély n'est pas moins riche en gisements gypseux que celui de Cognac; on les a signalés sur une foule de points et on les a exploités avec activité sous Nantillé, à Aumagne, à Seurre, etc.

La carrière du Pin-de-Nantillé présentait, en 1849, la coupe suivante :

1° Argiles grises.
2° Calcaire dit de *deux pieds*, 35 centimètres.
3° Argiles feuilletées, grises, renfermant des rognons de gypse couillard, 2m,33.
4° Plâtre gris, avec plâtre fibreux, 2m,50.
5° Plâtre globuleux, noyé dans les argiles.

Dans le puits de la Coudrée, on a découvert un second banc à deux mètres au-dessous du plâtre gris exploité; mais on ne le recherche pas au Pin, à cause de l'affluence des eaux et de la difficulté de se débarrasser des déblais. Comme le terrain se relève insensiblement sur l'étage portlandien qui affleure à Saint-Même, les carrières qui sont placées plus en avant dans le Pays-Bas sont plus complétement inondées que celles qui se rapprochent des coteaux.

Nous ne mentionnerons ici que pour mémoire les plâtrières délaissées qu'on rencontre entre Houlette et le Cluseau; mais nous insisterons davantage sur les calcaires lacustres fossilifères. On les exploite à Orlut, qui s'élève un peu au-dessus de la plaine, à cause de la présence de la couche de deux pieds qui fournit de bons moellons. On peut les étudier aussi à la Cabanne, à la Prise, à Marmounier, au Pont-du-Gard, entre Bréville et Sainte-Sévère. Ce dernier village est bâti sur la couche de deux pieds, qui forme un véritable îlot au milieu des argiles.

Pour se rendre de Sainte-Sévère à la Verrerie, on est obligé de traverser un monticule disposé en dos d'âne et dont le sommet est couronné par les sables et les grès tertiaires qui constituent le sol de la forêt de Jarnac. Ce monticule montre à sa base des argiles grises surmontées par la couche de calcaire de deux pieds; au-dessus existent des argiles rouges que nous avons vues déjà sur plusieurs points former la partie supérieure de l'étage de Purbeck.

Si nous nous transportons sur le bord opposé du lac jurassique, vers la bande qui s'appuie sur le département de la Charente-Inférieure, nous retrouverons à chaque pas ce même calcaire fossilifère subordonné aux argiles gypseuses. Ainsi, entre Bréville, Mons et le Seurre, ils sont exploités dans une foule de carrières, dont les plus importantes sont celles du Breuil-aux-Moines, de la Chagnaie et de la Tacherie. Mais celle qui offre le plus grand intérêt est située au nord de la Vrignolle, gîte où le calcaire est plus développé que sur les autres points déjà décrits, et où les Cyclades sont tellements abondantes, que certains bancs en sont pétris.

Nous ne pousserons pas plus loin notre description de l'étage de

Purbeck. Les détails et les coupes qui précèdent auront démontré suffisamment, nous l'espérons du moins : 1° que les argiles gypsifères du Pays-Bas, des environs de Rochefort et de l'île d'Oléron, appartiennent à une même formation, qui est d'origine lacustre ; 2° que cette formation a succédé immédiatement à l'étage portlandien avec lequel elle est concordante ; 3° qu'elle est distincte du terrain de craie par laquelle elle est recouverte à stratification transgressive.

Nous avons à indiquer en ce moment que le système du Pays-Bas se trouve également représenté dans les chaînes du Doubs et du Jura, qu'il y occupe la même position, et que de plus il y est aussi caractérisé par des gypses et des fossiles lacustres (1).

---

(1) Nous venons de lire le *Bulletin de la Société vaudoise*, n° 42, contenant une communication faite par M. Renevier, dans la séance du 1er avril 1857.

Ce géologue y mentionne la découverte faite aux environs de Villers-le-Lac, près des Brenets, de fossiles d'eau douce dans des marnes décrites depuis 1847, par MM. Pidancet et Lory, comme les représentants des couches wealdiennes du midi de l'Angleterre.

M. Renevier, après avoir énuméré les genres de coquilles qui ont été recueillies, discute la position de ces marnes, comme si c'était pour la première fois que des géologues s'en fussent occupés, et pense qu'elles doivent être assimilées aux couches de Purbeck, et non point au terrain crétacé, comme l'avaient admis MM. Pidancet et Lory.

Si M. Renevier eût eu connaissance de ma note, publiée en 1853, sur la formation wealdienne (*Mém. de la Soc. d'émul.*, t. IV, p. 115), il aurait vu que je séparais nettement de la craie les *marnes lacustres* du Jura pour les attribuer à la formation jurassique.

Les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du mois d'octobre 1850 avaient déjà mentionné la présence de fossiles d'eau douce au sein des mêmes marnes.

La Société d'émulation du Doubs insérait en 1854, volume VII, page 25, un travail de M. Sautier, sur les environs des Rousses, dans lequel ce géologue reconnaissait nettement, au-dessous des marnes d'Hauterive, l'étage valenginien de M. Desor, établissait plus nettement encore l'*origine lacustre* des marnes wealdiennes, et adoptait sans restriction l'opinion émise par moi en 1853, savoir : « que les couches wealdiennes, par leur position et par leur faune, constituent une formation distincte, se rattachant géographiquement et orographiquement à la formation jurassique » (p. 26).

Je publiais, dans le même volume VII, plusieurs espèces nouvelles de coquilles fossiles découvertes dans la chaîne du Jura, parmi lesquelles se trouvent figurées la *Planorbis Loryi* et la *Physa wealdiana*, Coq., recueillies par M. Sautier aux environs des Rousses.

Lors de la réunion de la Société helvétique à la Chaux-de-Fonds,

C'est à M. Pidancet que revient l'honneur d'avoir signalé, en 1847, le premier, dans la chaîne du Jura, au-dessus des dernières assises portlandiennes et supportant les couches les plus inférieures du terrain néocomien, un système de couches marneuses ou calcaires, contenant par places des amas gypseux susceptibles d'être exploités, circonstance qui engagea ce géologue à le désigner par le nom de *keuper de la craie*. M. Lory y reconnut plus tard des fossiles d'eau douce, et, d'après la nature de ces fossiles, il le distingue du terrain néocomien et le regarde comme représentant le groupe wealdien de l'Angleterre.

Dans une notice publiée en 1854 (1) sur les dépôts néocomiens et wealdiens et sur les dolomies portlandiennes dans les hautes vallées du Jura, aux environs des Rousses, M. Sautier a très bien indiqué les relations de ces divers étages et adopté l'opinion que j'avais exprimée en 1853 (2); il considère les *dépôts wealdiens comme faisant partie de l'étage portlandien, dans lequel ils forment une subdivision distincte à la vérité, mais dont la liaison avec l'ensemble est bien marquée par les dolomies.*

M. Lory vient d'enrichir tout récemment la science (3) d'un Mémoire fort important sur les terrains crétacés du Jura et dans lequel il décrit le terrain qu'il appelait du nom de wealdien, en 1849, nom qu'il propose aujourd'hui de remplacer par celui de couches de Purbeck. M. Lory reconnaît que la formation wealdienne présente deux facies distincts, l'un ordinaire, dont les caractères sont d'une grande constance, l'autre exceptionnel,

---

dans l'année 1856, j'eus l'honneur de guider mes honorables confrères sur le gisement même de Villers-le-Lac cité par M. Renevier, et la découverte de quelques fossiles d'eau douce nous fit reconnaître, sur place même, son origine lacustre. J'eus l'occasion, dans la séance publique qui eut lieu le lendemain de la course, de déduire, en présence de MM. Mérian, Studer, Desor, Nicolet, Blanchet, Marcou, Bayle, Greppin, etc., les motifs qui m'engageaient à rapporter les marnes dites *wealdiennes* du Jura à la formation jurassique.

Certainement, tous ces travaux et tous ces faits ont été ignorés de M. Renevier, car il n'eût point, sans cela, annoncé comme nouvelle pour la science la découverte des fossiles d'eau douce à Villers-le-Lac, et surtout il n'eût point avancé que la *nature nymphéenne des couches qui les contiennent était restée jusqu'à présent* (1857) *plus ou moins problématique*. La communication de ce savant n'est pas moins très intéressante; elle confirme la justesse des vues des géologues français.

(1) *Mém. de la Soc. d'émul. du Doubs*, vol. VII, p. 25.
(2) *Ibid.*, vol. IV, p. 115.
(3) *Ibid.*, 3e sér., 1857, vol. II.

local, propre à certains points de la Franche-Comté et du canton de Neuchâtel et caractérisé par la présence du gypse en rognons ou en amas plus ou moins étendus.

Facies ordinaire. — La puissance moyenne de l'étage peut s'évaluer à une quinzaine de mètres : il se compose d'argiles grumeleuses, d'un gris un peu foncé, tirant sur le verdâtre, et de calcaires gris, compactes, formant des couches généralement minces, d'un à trois décimètres. C'est dans ces calcaires que MM. Lory et Sautier, l'un à Chary près Nantua, et l'autre près des Rousses, ont découvert des fossiles appartenant aux genres *Planorbis* (*P. Loryi*, Coquand), *Physa* (*P. wealdiana*, Coquand), *Lymnæa*, *Melania*, *Cyclus*, *Corbula*, ainsi que des écailles de poisson et des matières charbonneuses.

Facies exceptionnel à gypse et à calcaire magnésien. — Ce facies est propre à quelques parties de l'arrondissement de Pontarlier et des régions voisines, sans que l'on puisse nettement tracer les limites géographiques de sa distribution; car, dans des localités très rapprochées, on passe brusquement du facies ordinaire au facies gypseux le mieux développé. Vanclans, Orchamps-Vennes, Mont-de-Laval, Ville-du-Pont, la Brévine, Sainte-Croix, la Rivière et Foncine, sont les points principaux où on avait signalé la présence du gypse. Ce terrain consiste principalement en marnes d'un bleu noirâtre, souvent un peu bigarrées de teintes analogues à celles des marnes keupériennes; elles leur ressemblent encore plus par leur alternance avec des calcaires magnésiens cloisonnés, marneux, jaunâtres. Le gypse s'y rencontre en rognons ou en amas couchés, dont la puissance est très variable et ne se maintient jamais sur une grande étendue; il est blanc, subcristallin ou fibreux.

Comme on le voit par ces descriptions sommaires extraites du Mémoire de M. Lory, les couches gypseuses dans le Jura se comportent, quant à leur position et à leur composition, exactement comme les marnes gypseuses des deux Charentes, et la présence du gypse dans ces deux contrées éloignées l'une de l'autre n'est pas la particularité la moins intéressante à signaler; elles constituent une formation lacustre locale. En effet, si le portlandien est séparé dans la plaine du Pays-Bas de la formation crétacée par les argiles de Purbeck, dans toute l'étendue du bassin que celles-ci occupent, nous le voyons recouvert directement par les grès verts en dehors des limites de ce même bassin. Or, il en est de même dans la chaîne du Jura, où l'on trouve constamment le portlan-

dien recouvert par le néocomien inférieur, excepté sur les points où se développent les couches de Purbeck.

Nous avons déjà donné les raisons qui nous faisaient considérer les argiles gypsifères du Jura comme équivalentes de celles des deux Charentes et comme une dépendance de la formation jurassique.

C'est aussi la même place que semble leur attribuer M. Lory en 1852 (1), dans son *Essai sur la montagne de la Grande-Chartreuse*, où l'auteur, revenant sur les rapports qui existent entre le terrain néocomien et les assises lacustres placées à sa base, reconnaît que les fossiles assimilent ces dernières au dépôt wealdien du midi de l'Angleterre, et que, « de même que celui-ci, du moins au » point de vue de plusieurs géologues, elles se lient intimement » avec l'assise portlandienne supérieure bien plus qu'avec le ter- » rain néocomien; elles constituent plutôt la dernière assise du » terrain jurassique que la première des terrains crétacés. »

Il serait inutile de pousser plus loin les rapprochements entre les étages purbeckiens du Jura et de la Charente. Les travaux cités de MM. Lory et Sautier les rendent manifestes à chaque page.

On sait que l'ensemble des couches qu'on a signalé dans le sud-est de l'Angleterre, entre le terrain néocomien et le calcaire de Portland, a été longtemps désigné sous le nom unique de *formation wealdienne*, laquelle comprenait les argiles du Weald, les sables d'Hastings et les couches de Purbeck.

M. Forbes, dans sa description du Purbeck du Dorsetshire en 1850, a constaté que les couches de Purbeck appartenaient par leurs débris organiques à la série jurassique et les a séparées des sables d'Hastings et des argiles de Weald qui restent attribués à la formation crétacée.

Cette séparation, amenée principalement à la suite de considérations purement paléontologiques, pourrait peut-être être contestée pour l'Angleterre et pour le Jura, où la série des étages des formations jurassique et crétacée se montre complète et en concordance de stratification. Mais la Charente est placée à l'abri de toute contestation de ce genre par sa constitution géologique.

En effet, les argiles gypsifères font partie, dans le sud-ouest, du grand système jurassique; et, comme de plus les étages néocomiens et du gault manquent complétement dans le sud-ouest, il devient évident que les couches de Purbeck avaient été soulevées avant

(1) *Bull. de la Soc. de statist. de l'Isère.*

e dépôt du terrain néocomien et sont restées émergées jusqu'à 'époque où la mer crétacée envahit pour la première fois la :ontrée ; or, cette époque remonte incontestablemet à la date des grès verts supérieurs.

Cette question nous conduit à rechercher l'influence que le soulèvement, désigné par M. Élie de Beaumont par le nom de système de la Côte-d'Or, a pu exercer sur l'orographie du département de la Charente, et par conséquent sur les couches de Purbeck. Suivant l'illustre auteur des *Systèmes de montagnes*, les accidents du sol qui ont été la conséquence de la convulsion survenue dans l'intervalle des deux périodes jurassique et crétacée se dirigent à peu près du nord-est au sud-ouest. M. Élie de Beaumont en reconnaît des traces dans les hautes vallées longitudinales des montagnes du Jura, dont le fond de plusieurs d'entre elles est occupé par des assises des étages néocomien et du grès vert, lesquelles ne s'élèvent pas sur les crêtes intermédiaires qui semblent avoir fourni autant d'îles et de presqu'îles, et être par conséquent l'une date plus récente. Cette conclusion relative à la chaîne du Jura a été attaquée par MM. Pidancet et Lory (1), qui se sont appliqués à montrer que les discordances signalées n'étaient qu'apparentes et le résultat de failles, et que le terrain néocomien que MM. Itier, Marcou, etc., supposaient n'exister jamais sur les sommités de la chaîne, se montrait au contraire indistinctement dans toutes les altitudes, dans les basses vallée de la Haute-Saône, comme dans la vallée de Dappes, sur le plateau des Rousses, de Saint-Cergues et même à la Dôle, à 1600 mètres de hauteur, qui est le niveau le plus élevé de toute la chaîne du Jura. Aussi, suivant M. Lory, la chaîne du Jura méridional n'aurait été soulevée que postérieurement au dépôt du terrain néocomien et probablement à celui du gault et de la craie chloritée, c'est-à-dire à l'époque où M. Élie de Beaumont a placé le soulèvement du Mont-Viso.

Ces observations dirigées avec soin par deux géologues versés dans la connaissance orographique de la contrée, établissant la concordance entre la formation crétacée et jurassique dans la chaîne des monts Jura, ont eu pour résultat d'attaquer dans l'esprit d'un grand nombre la réalité du système de la Côte-d'Or. Mais, si les faits apportés dans la discussion par MM. Pidancet et Lory peuvent être invoqués par ceux qui refusent au soulèvement de la Côte-d'Or

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, 1847. — *Mém. de la Soc. d'émul. du Doubs*, 1848. — *Ibidem*, 1857.

toute participation dans la dislocation des montagnes du Jura, on ne serait pas en droit d'en arguer cependant contre l'existence même de ce soulèvement. La Charente serait là pour protester contre cette négation. Sans parler ici de quelques failles dirigées du nord-est au sud-ouest que j'ai eu l'occasion de reconnaître à Nanteuil et à Vieux-Ruffec, sans m'appuyer sur la direction N.-E.-S.-O., que les étages du lias et de l'oolithe inférieure prennent vers la bande granitique depuis le bord de la Tardoubère jusqu'au-dessus d'Epenède, je n'ai qu'à rappeler les relations que j'ai indiquées dans ce travail entre les étages de la formation jurassique et ceux de la formation crétacée, pour en déduire, comme conséquence nécessaire, qu'un premier soulèvement (celui de la Côte-d'Or) mit fin à la formation jurassique, y compris les couches de Purbeck; qu'un très long intervalle marqué par toute la durée du dépôt des étages néocomien et du gault s'écoula entre ce soulèvement et l'époque où la mer crétacée vint envahir le sud-ouest; or cette invasion date de l'âge des grès verts supérieurs. Il faut donc admettre de toute nécessité que le terrain jurassique, qui resta émergé tout le temps pendant lequel se déposèrent ailleurs le terrain néocomien et le gault, ne put être atteint par la mer crétacée qu'à la suite d'un bouleversement plus ancien que celui de la Côte-d'Or, et plus moderne que celui du Mont-Viso. Le difficile est de pouvoir saisir nettement en ce moment les traces de ce soulèvement ; mais je suis convaincu qu'on finira par en reconnaître les indices dans d'autres contrées.

La formation crétacée des Pyrénées me paraît avoir les *plus* grands rapports avec celle des deux Charentes; je n'y ai jamais trouvé les couches du gault, et, de plus, je pense que les calcaires à Dicérates, attribués généralement au terrain néocomien, appartiennent plutôt à quelque étage des grès verts supérieurs de la vallée de la Sals, dans le département de l'Aude. Si la connaissance que neuf années d'étude m'ont donnée de la géologie de la Charente me rend plus affirmatif sur les divisions de la craie de cette contrée, je n'émets qu'avec beaucoup de réserve une opinion sur les Pyrénées. Mais, en me reportant au temps où je parcourais cette chaîne et en consultant les fossiles que j'en ai rapportés, je ne vois que des espèces du grès vert supérieur et pas une seule des étages néocomien et du gault, et je soupçonne que la plupart des calcaires qu'à cette époque, d'accord avec tous les géologues, j'avais pris pour des calcaires néocomiens, sont au contraire les équivalents des calcaires blancs à rudistes de M. d'Archiac, c'est-à-dire de mes étages angoumien et provencien. Dans tous les cas, il

existe certainement entre le terrain néocomien supérieur (étage urgonien d'Alc. d'Orbigny) et les grès verts supérieurs une période d'interruption qui correspond à une révolution qui tôt ou tard occupera son rang, et augmentera le nombre des systèmes reconnus par M. Élie de Beaumont.

Si ces prévisions se changeaient en certitude, le système crétacé du bassin pyrénéen, qui embrasse naturellement aussi les dépôts des deux Charentes, de la Dordogne et du Lot, serait moins complet que dans la Provence, le bassin de la Seine et en Angleterre, et ne comprendrait, au-dessus de l'étage urgonien, que l'ensemble des assises du grès vert supérieur et celles de la craie supérieure.

Nous savons aussi que, dans la chaîne du Jura, la craie chloritée n'est représentée que par la faune de Sainte-Catherine, près de Rouen, et qu'on n'y remarque pas les couches plus récentes du Midi, de la Touraine et du Sud-Ouest. On sait, d'un autre côté, que dans la Charente la craie inférieure n'existe qu'à partir du niveau de l'*Ostrea columba;* de sorte que le Jura et le sud-ouest de la France offriraient la série complète de la formation crétacée, sans qu'on pût remarquer entre elles un seul terme commun, si, par la pensée, on superposait les étages d'une contrée aux étages de l'autre. La mer crétacée, en un mot, s'était retirée du Jura, quand elle vint occuper le bassin pyrénéen (1).

Nous nous bornons à ces simples rapprochements, qu'il serait téméraire de pousser plus loin; mais l'hiatus qui existe dans la craie de la Charente implique nécessairement l'intervention d'un mouvement survenu dans la mer crétacée avant la période des

(1) Les recherches récentes de M. Leymerie ont fait faire un grand pas à la question. Si, comme cela me paraît bien établi, le calcaire à Diocérates des Pyrénées devient l'équivalent de mon étage carentonien à *Sphærulites foliaceus*, le terrain néocomien tout entier, le groupe du gault et l'étage rothomagien y manqueraient complétement comme dans les deux Charentes; et la craie des Pyrénées ne serait autre chose que la craie du sud-ouest redressée, y compris la craie supérieure dans laquelle la présence du *Micraster brevis*, de l'*Ananchytes ovata* et de l'*Hemipneustes striato-radiatus*, indique bien clairement nos étages santonien et campanien. Lorsque ces divers points, si bien élucidés par les travaux de M. Leymerie, seront admis sans contestation dans la science, ce sera encore un des triomphes de la paléontologie, car elle aura servi à redresser une des erreurs commises au nom de la stratigraphie, et l'on ne dira pas que, dans le cas dont il s'agit, elle a été aidée par les ressemblances minéralogiques.

grès verts supérieurs, et c'est sur ce mouvement que, en terminant, nous appelons l'attention des géologues qui seraient à portée de répondre à cette question ou de l'élucider.

M. Bayle, à ce sujet, établit les rapports des calcaires à Dicérates des Pyrénées et de la Provence, et ajoute que dans la montagne de la Clape, voisine des Corbières, ces deux calcaires se rencontrent ; il n'y a point dans cette montagne deux niveaux différents de *Chama ammonia;* comme l'a prétendu M. d'Archiac, les fossiles de ces deux horizons sont différents, quoique offrant de la ressemblance.

M. Nérée Boubée fait observer que, il y a longtemps déjà, il a émis l'idée que le terrain wealdien est l'équivalent lacustre du terrain néocomien.

M. Pierre Gratiolet lit la note suivante :

Note sur un fragment de crâne trouvé à Montrouge, près Paris; par M. Gratiolet (pl. V) (p. 664)

Le fragment dont il est question dans cette note appartient à un marchand naturaliste de Paris, M. Vasseur, et m'a été communiqué par M. Lartet ; un ouvrier l'a trouvé en creusant un puits à Montrouge, probablement dans le diluvium ; mais on n'a recueilli sur son gisement aucun détail bien certain. Il comprend la plus grande partie de la moitié latérale gauche du crâne d'un animal inconnu ; malheureusement les os de la face et l'extrémité antérieure du frontal manquent complétement ; tout ce qui reste est d'une belle conservation ; la structure des os est à peu de chose près intacte ; les surfaces en sont à peine altérées en quelques endroits. On distingue avec la plus grande évidence : d'un côté les régions temporo-pariétales, la plus grande partie de l'apophyse mastoïde, la racine temporale de l'arcade zygomatique, et le conduit auditif externe ; de l'autre, une assez grande partie de la loge cérébrale, une portion notable d'une tente du cervelet, mince, mais parfaitement osseuse, une assez grande partie de la caisse et enfin la face interne de l'apophyse mastoïde. Sauf la tente du cervelet, toutes ces parties sont remarquables par la grande épaisseur des os qui les constituent.

Je vais indiquer brièvement les principales particularités qu'elles présentent ; ces particularités paraîtront suffisantes, je l'espère, pour

justifier les conclusions que je vais avoir l'honneur de soumettre à la Société :

§ 1. — *Description de la face externe du fragment.*

Cette face est fort remarquable et comprend la plus grande partie de la fosse temporale gauche; elle est limitée, *en haut*, par une crête élevée et saillante sur laquelle je reviendrai dans un instant et qui se termine, en s'inclinant, un peu au-dessus du conduit auditif externe ; *inférieurement*, par la racine épaisse et très divergente de l'apophyse zygomatique ; *antérieurement*, par une fracture qui a séparé assez exactement la face du crâne, et qui existe à peu près au niveau de la région orbitaire.

Le pariétal est très peu saillant en arrière, les régions temporales sont peu bombées en arrière, et, loin de se déprimer en avant, elles semblent s'élargir au contraire de ce côté, ce qui paraît tenir surtout à un énorme épaississement des parois osseuses dans ce point. La surface de l'os présente dans cette région de larges gouttières vasculaires semblables à celles qu'on observe sur le crâne du *Morse;* plus en arrière elle est recouverte d'aspérités qui donnaient certainement attache à un muscle temporal très puissant.

La racine temporale de l'arc zygomatique présente à sa face inférieure des traces non équivoques d'une cavité glénoïde grande et transversale ; malheureusement le pourtour de cette cavité est altéré par une usure profonde.

L'apophyse mastoïde, bien que fracturée à sa partie postérieure, est très volumineuse et fortement prolongée en arrière ; sa direction est telle que sa face postérieure, évidemment confondue avec l'occipital et qui constituait avec ce dernier os la face postérieure du crâne, regarde en haut et semble faire partie de sa face supérieure.

Le conduit auditif externe, situé entre cette apophyse et la racine de l'arc zygomatique, est large et se dirige fortement en bas et surtout en arrière; cette direction est très anormale, et nous la remarquerons ici avec une insistance toute particulière.

§ 2. — *Face interne du fragment.*

Cette face comprend une grande partie de la moitié gauche de la loge cérébrale, une portion notable d'une tente du cervelet mince mais parfaitement ossifiée, la paroi externe de la caisse auditive et le cadre du tympan, enfin, plus en arrière, la face interne de

l'apophyse mastoïde. L'examen des fractures périphériques permet de constater l'épaisseur des os du crâne et la nature celluleuse de leur diploé.

La portion de loge cérébrale dont nous venons de parler indique un encéphale globuleux. Chaque hémisphère avait deux grands lobes dont l'antérieur l'emportait sur le postérieur dont il était séparé par une scissure presque verticale. Les circonvolutions cérébrales étaient saillantes et compliquées. Ces particularités sont clairement indiquées par la présence d'une colline qui sépare la loge cérébrale en deux fosses, dont l'antérieure est évidemment la plus grande, et par des impressions profondes qui donnent à la face interne du crâne un aspect mamelonné.

Le cerveau, bien que très grand, n'avait point le volume qu'auraient pu faire supposer, au premier abord, les dimensions extérieures du crâne, à cause de l'énorme épaisseur des parois de celui-ci ; cette épaisseur vers la partie antérieure atteint, *en bas*, 6 centimètres ; *au haut de la fosse temporale*, 3 centimètres 1/2 ; à la partie supérieure du crâne, 4 centimètres 1/2. Elle est énorme vers les parties inférieures de la loge cérébrale. D'ailleurs, toutes les autres parties du crâne, apophyse mastoïde, caisse, racine de l'arc zygomatique, sont remarquables par une épaisseur pareille. Le diploé, très abondant, est compacte et fort serré, ce qui donne à l'ensemble du fragment un poids considérable.

La loge cérébelleuse est presque en totalité détruite ; mais, si l'on tient compte des relations de la tente osseuse du cervelet et de sa configuration, il est facile de voir que cette loge était large, mais peu élevée, et débordait très peu en arrière la loge cérébrale.

§ 3. — *Face supérieure du crâne.*

Cette face était surtout remarquable par une sorte de plate-forme osseuse qui la recouvre en forme de bouclier. Au milieu de la plate-forme existe une fosse large presque circulaire et relativement très profonde. Autour de cette fosse l'os est épais et rugueux. Elle correspond à la partie moyenne de la loge cérébrale ; son rôle était probablement de fournir à quelques grands muscles des points d'attache solides.

§ 4. — *Discussion des faits.*

A quel animal appartenait le fragment que nous venons de décrire rapidement ; à quel genre d'animaux vivants ou fossiles

peut-on le rapporter? Cette question, si on se fonde sur les faits que nous avons indiqués, ne paraîtra pas difficile à résoudre.

La grandeur de la fosse temporale, la saillie des crêtes qui les bordent, l'étendue et la puissance de l'arc zygomatique, la direction transversale de la cavité glénoïde, et, par-dessus tout, l'existence d'une tente du cervelet osseuse, indiquent un animal carnassier.

Ce carnassier était-il terrestre ou aquatique? Il était certainement aquatique; la grandeur de la caisse l'indique; la forme globuleuse du cerveau, sa division en deux lobes, dont l'antérieur est le plus grand, la direction presque verticale de la scissure qui les séparait, le démontrent. Tous ces caractères ne peuvent convenir qu'à un animal de la grande famille des phoques.

Notre animal différait cependant des phoques proprement dits par la prodigieuse épaisseur des os crâniens, par le développement excessif des apophyses mastoïdes, dont la petitesse est caractéristique des vrais phoques, enfin par le défaut d'étranglement du crâne au niveau de sa vertèbre frontale.

Il différait aussi des morses, qui ont, il est vrai, des apophyses mastoïdes très grandes, mais presque verticales et saillantes à la partie inférieure du crâne, tandis qu'ici elles se prolongeaient presque horizontalement en arrière.

On peut noter d'autres différences. Dans le morse, la racine de l'arcade zygomatique se dirige immédiatement en avant, d'où il résulte que cet arc s'éloigne très peu du crâne; dans notre animal, cette racine s'écarte beaucoup du temporal, ce qui indique en même temps une arcade zygomatique grande comme dans les phoques, et des habitudes carnassières très prononcées.

Dans le morse et dans tous les phoques connus, le conduit auditif externe se dirige en avant; dans le cas qui nous occupe, il est sensiblement dirigé en arrière.

Enfin, ni les phoques ni les morses ne présentent aucune trace de ce bouclier osseux excavé à son centre, qui recouvre le crâne de notre animal; ce bouclier et sa fosse médiane donnaient probablement attache à un muffle puissant, et peut-être à une trompe comprise entre deux canines que nous jugerons énormes, si nous nous fondons sur l'élargissement du crâne au-devant des pariétaux; ce n'est là toutefois qu'une hypothèse.

Il ne s'agit donc ici ni d'un phoque proprement dit, ni d'un morse, mais de quelque animal intermédiaire à ces deux types, mais plus voisin probablement du dernier, si l'on en juge par l'épaisseur des os et la grandeur de l'apophyse mastoïde.

Il me semble donc devoir former le type d'un nouveau groupe dans la grande famille des carnassiers aquatiques; ainsi les faits que je viens d'indiquer paraîtront peut-être justifier l'établissement d'un genre nouveau, pour lequel en ayant égard à l'un des anciens noms de morse, je propose le nom d'ODOBÈNOTHÈRE; quant à la seule espèce connue aujourd'hui, je demande la permission de la dédier à notre savant paléontologiste M. Lartet, sous le nom d'*Odobènothère* de Lartet (*Odobenotherium Lartetianum*). Les naturalistes consacreront, je l'espère, en l'adoptant, ce témoignage d'une estime profonde et de ma reconnaissance.

Explication de la planche.

Fig. 1. — Fragment du crâne de l'*Odobènothère de Lartet*, profil externe du crâne, demi-grandeur.

A. Région temporo-pariétale.
B. Racine de l'arc zygomatique.
C. Apophyse mastoïde prolongée en arrière.
D. D. Crête qui circonscrit la fosse temporale.
E. Conduit auditif externe dirigé en arrière.
F. Plateau osseux en forme de bouclier, qui occupe le côté supérieur du crâne.
G. Rainure profondément accusée, qui le distingue en avant d'avec la fosse temporale.

Fig. 2. — Le même fragment vu dans sa face supérieure.

A. Fosse temporale.
B. Racine de l'arc zygomatique.
C. Apophyse mastoïde.
E. Rebord saillant du bouclier osseux supérieur.
F. Fosse arrondie qui occupe la région centrale du bouclier.

Fig. 3. — Face interne ou cérébrale du fragment.

C. Apophyse mastoïde.
I. Caisse.
K. Tente osseuse du cervelet.
L. L. Les deux loges de la cavité cérébrale séparées par la colline M, presque verticalement dirigée.

Fig. 4. — Profil d'une tête du *Trichechus Rosmarus*, tiré de l'*Ostéographie* de Blainville. (Cette figure est destinée à montrer quelques-unes des différences qui distinguent le crâne de l'Odobènothère de celui du morse.)

B. Apophyse zygomatique immédiatement dirigée en avant.
C. Apophyse mastoïde très grande; elle descend presque verticalement à la partie inférieure du crâne.
E. Absence de bouclier à la partie supérieure de ce crâne.

M. Hébert lit la note suivante de M. Terquem en réponse à M. Dewalque :

Note en réponse aux observations sur l'âge des grès liasiques du Luxembourg par M. Dewalque, insérées dans le Bulletin, *de mai à septembre* 1857 ; par M. O. Terquem.

Je m'étais promis de ne plus rompre de lance en l'honneur du grès de Luxembourg, question interminable, toujours renaissante de ses cendres, éternel sujet de publications, observations et répliques, lorsque la communication de M. Dewalque est venue modifier ma résolution.

C'est donc avec regret que j'écris cette note, non pour défendre mon œuvre ni mes opinions, mais bien parce que je regarde comme un devoir de rectifier quelques erreurs que M. Dewalque a commises à mon endroit.

Avant d'entrer dans la discussion, il faut d'abord reconnaître que dans tout problème géologique il convient de tenir compte de trois lois : 1° la stratigraphie ; 2° la pétrographie ; 3° la paléontologie. Nous verrons comment ces lois ont été observées dans la discussion et quelle est l'application qu'elles ont reçues.

Dans mon travail sur Hettange, j'ai eu surtout pour but de démontrer que la faune de Hettange était tellement exceptionnelle et significative, qu'elle pouvait servir de guide partout où elle se rencontrerait, sans avoir à tenir compte de la pétrographie, et qu'elle donnerait aussi des indications exactes sur la stratigraphie.

Mes opinions sur la géologie de cette contrée se trouvant exposées dans plusieurs notes insérées dans le *Bulletin*, et surtout dans les comptes rendus de la réunion extraordinaire à Metz, opinions que je maintiens dans toute leur intégrité, *laissant au temps le soin de prouver qui de mes antagonistes ou de moi se trouve plus près de la vérité*, je crus ne devoir donner que trois coupes principales qui résument ma manière de voir. Je dois dès l'abord l'explication d'un fait ; j'ai dit que « *le grès de Luxembourg s'arrêtait à* » *Allert et ne se présentait plus au sud contre l'Ardenne ;* » en effet il disparaît dans tout le Luxembourg belge pour se reproduire dans le département des Ardennes.

Ce fait établi, je prends l'analyse de la note de M. Dewalque (page 719).

« La question de l'âge du grès de Hettange et de Luxembourg » est aujourd'hui bien près d'une solution généralement acceptée ;

» chacun admet qu'ils forment une sorte de lentille dans le lias
» inférieur. »

D'abord qu'est-ce qu'une lentille?

Pour le cas particulier, ce serait un dépôt, doué d'une pétrographie anormale (un grès) au sein d'une formation normale (le calcaire à Gryphites) et qui posséderait une certaine étendue.

Pour le grand-duché de Luxembourg, depuis Echternach jusqu'à Florenville et au delà, mettons 25 lieues.

Les mêmes caractères stratigraphiques, pétrographiques et paléontologiques se trouvent dans le département des Ardennes; ajoutons 25 lieues. On les a constatés identiques aux portes de Metz; soit 9 lieues.

M. Lebrun les a reconnus près de Nancy; soit 15 lieues. Il en est de même à Semur (Côte-d'Or), en passant par Langres; soit, en chiffre rond, 50 lieues à ajouter.

M. Dunker a publié une faune et une stratigraphie identique pour Halberstadt; je ne compte plus les distances.

Pour le lias de la Souabe, M. Quenstedt a littéralement calqué mon travail, pour la description géologique des environs de Gœpping, dont voici le résumé stratigraphique :

Grès keupérien de Helmsingen et de Lœvelange.	Cloac.
Bonebed.	Bonebed.
Calcaire grèso-bitumineux (sans Gryphées arquées)	Psilonoten-Banck.
Grès. { Bancs à Cardinies.	Thalassiten-Banck.
Grès. { Bancs à fossiles de Hettange. . .	{ Angulaten-Banck. Mamelstein.
Grès. { Grès schistoïdes, à plantes et à saxicaves.	Tropfen-platte.
Calcaire à Gryphées arquées.	Gryphiten-Kalk.

M. Oppel, dans son étude raisonnée et comparée de la formation jurassique en Angleterre, en France et dans le sud-ouest de l'Allemagne (1), donne pour ces trois royaumes des divisions identiques avec celles que j'ai exposées ci-dessus. Cet auteur dit (1re partie, page 20) : « Le bonebed n'a pas encore été reconnu dans le
» Luxembourg; sans aucun doute, c'est le grès et le sable de Martinsart » (Chapuis et Dewalque, page 9). En effet, je trouve à

(1) *Die Juraformation Englands, Frankreichs und des sud-westlichen Deutschlands*, von Dr Albert Oppel. Stuttgart, 1856. Erstes Heft.

cette indication : « Cet étage peu développé repose en stratification » concordante sur les marnes du trias. »

Dans une plus récente publication (1), M. Oppel signale « les » recherches de M. de Hövel, qui a reconnu dans le Luxembourg » la présence du bonebed et d'un grès fossilifère sous-jacent » (Ekingen et Dalheim près Mondorf). Cette assise gréseuse est » identique avec celle qui a été signalée en Allemagne (Kössen), » et considérée comme un grès constituant la partie inférieure du » bonebed (Bonebed-Sandstein). »

M. Oppel exprime avec raison « le doute (*Juraformation*, » page 24), si le bonebed avec son grès doit être rapporté au lias, » dont il constituerait dans ce cas l'assise la plus inférieure; les » fossiles du grès engagent, au contraire, à la considérer comme la » dernière formation keupérienne. » En effet, la faune de ce grès, publiée par M. Quenstedt, a tout le facies triasique et on y remarque des formes analogues aux Myophories, et nullement celles des Trigonies.

« Enfin, MM. Merian et Escher de la Linth ont reconnu dans » le marbre rouge des environs du lac de Côme, deux couches » fossilifères dans le keuper, le Saint-Cassian inférieur et le supé- » rieur, celui-ci se rapportant à l'assise du Kössen, et par consé- » quent à celle du Luxembourg. » (Oppel, page 24.)

Ainsi les géologues de la Suisse et de l'Allemagne viennent confirmer ce que j'avançais dans mon Mémoire sur Hettange (*Introd.*, page 2). Le grès de Helmsingen, Lœvelange, Martinsart, etc., termine la formation des marnes irisées, et ne saurait être compris dans la formation liasique.

De l'ensemble de ces premiers faits on peut déduire ces conclusions : 1° le bonebed et le grès fossilifère qui l'accompagne appartiennent au keuper ; 2° le grès de Luxembourg et de Hettange ne constituent pas une lentille dans le calcaire à Gryphites, mais il se montre là comme dans l'intérieur de la France, en Angleterre et en Allemagne, avec sa pétrographie et sa paléontologie normales.

M. Dewalque (*Observation*, 1857, page 720), qui répète une phrase de ses précédentes publications, dit que « le *Bulletin* de la Société renferme à ce sujet (grès du Luxembourg) des opinions que nous ne pouvons laisser accepter par la science, » et s'étonne que la Société, dans sa session extraordinaire, ne se soit occupée

(1) *Weitere nachweise des Kössener Schichten in Schwaben und z Luxembourg*, Oppel. Wien, 1858.

que d'une seule question, à savoir, si le calcaire à Gryphites est sur ou sous les grès de Hettange, et *que chacun sait aujourd'hui qu'il s'agit d'autre chose encore.*

J'ignore ce que cette autre chose veut dire, mais je sais de science certaine que les excursions de la Société apportèrent une confirmation pleine et entière à tous les faits que j'avais avancés, ainsi qu'à ma manière de voir pour les coupes que j'avais produites à l'appui ; je sais encore que MM. Hébert et Ed. Piette ont eu le tort aux yeux de M. Dewalque de constater les mêmes faits dans le département des Ardennes ; je sais enfin que M. Dewalque est seul de son opinion, comme je l'ai déjà démontré pour une partie et que j'aurai à le faire pour le reste.

Dans la note insérée dans le *Bulletin* du 6 février 1854, M. Dewalque reconnaît pour la première fois un grès d'Arlon en même temps qu'un sable d'Eth, avec leurs faunes, sans dire à quelle circonstance il doit ce changement de stratification.

Toutefois je signalerai ici une légère erreur ; car Eth (le vallon), indiqué pour une assise spéciale, et renfermant au contraire le lias inférieur et moyen, peut conduire à confondre les deux assises ; il fallait dire Arlon et Virton, ou mieux encore Breux ; cette dernière localité renferme les fossiles caractéristiques du calcaire à Bélemnites de M. d'Omalius, *Ammonites Guibalianus*, *A. Buvignieri*, *Nautilus affinis*, *Mytilus subparallelus*, etc.

Je n'analyserai pas la communication dans son entier, et je me contenterai de lui emprunter (page 245) cette phrase, qui donne un aperçu des idées stratigraphiques de M. Dewalque :

« Envisagé comme nous le faisons, le grès de Luxembourg cor-
» respond donc à la partie inférieure du calcaire sableux de
» Boblaye, du calcaire à Bélemnites d'Orval de M. d'Omalius, et
» du calcaire sableux de MM. Sauvage et Buvignier, dont la divi-
» sion inférieure est l'exact équivalent et la continuation de notre
» grès de Luxembourg, sous le méridien de Virton, *c'est le grès*
» *de Hettange.* »

Puis cette phrase (page 250) : « On dit, par exemple : Le grès
» de Hettange, celui de Luxembourg, sont recouverts par le cal-
» caire à Gryphées ; donc ils sont infraliasiques. » A quoi l'on a répondu : « Non, le grès de Hettange n'est pas infraliasique, car il
» repose à Distroff sur le calcaire à Gryphées, qui recouvre le grès
» de Kédange, un type infraliasique ; le grès de Luxembourg
» repose sur des argiles à Ammonites de l'âge de la Gryphée
» arquée ; donc il n'est pas infraliasique. »

Cependant je me permettrai de poser deux questions : M. De-

ralque, si affirmatif dans ses citations, a-t-il été à Distroff, a-t-il u le calcaire à Gryphées sous le grès de Hettange et sur le grès e Kédange; en second lieu, s'il a été à Helmsingen et à Lœvenge, y a-t-il trouvé la Gryphée arquée?

D'après ce qui précède, je n'ai pas été étonné de voir M. Dewalque eprocher à M. Piette d'avoir exprimé une opinion contraire la sienne, et par conséquent erronée, pour n'avoir pas eu connaissance de son travail (*Observ.*, 18 mai 1857, page 721). Pour que cette observation ne portât pas à faux, M. Dewalque aurait lû dire lequel de ses travaux il aurait fallu consulter pour avoir ne opinion, son Mémoire couronné, ou sa Note de 1854 que je iens de citer, ou sa dernière communication?

Je n'entrerai pas avec M. Dewalque dans la description de la géologie des Ardennes (page 721), qu'il expose à sa manière. Mais e viens d'explorer ce département, sous la direction intelligente le M. Piette, et je dirai que la statigraphie y est identique avec e que j'ai établi pour le Luxembourg, et entièrement conforme ce que MM. Hébert et Piette en ont écrit.

Certes, en s'attachant à une carrière, à une localité, où il ne se roduit qu'une assise isolée, comme à Warcq, à Rimogne, ou en e tenant pas compte des modifications qu'une province a pu subir endant ou après une formation, on peut y voir tout ce qu'on eut; mais en est-il de même lorsque les assises se succèdent ormalement avec leurs faunes, comme à Aiglemont et à Saint-Menge?

Je signalerai cependant quelques anomalies qu'on rencontre lans le département des Ardennes, et qui ne se sont pas produites lans le Luxembourg.

Un premier fait qu'on doit reconnaître, c'est que parfois le lias noyen qui succède au lias inférieur ne présente aucune modification dans la pétrographie et ne peut se distinguer que par sa aune; ainsi le calcaire succède au calcaire à Grange-aux-Bois, et e grès au grès à Romery.

Un second fait est qu'une assise ancienne peut se trouver à une ltitude égale ou même supérieure à celle d'une autre assise plus récente.

Un troisième fait est relatif au remaniement du lias, peut-être noins étendu que ne le pense M. Hébert, et peut-être plus important que ne l'a vu M. Piette.

Ce dernier géologue a remarqué récemment à Maubert un remaniement qui donne: 1° le grès infraliasique en place, recouvert par plusieurs bancs de 30 à 40 centimètres d'épaisseur, formés de

nodules de fer hydroxydé, très roulés, analogues à du bohnerz, empâtés par du grès et renfermant des fossiles du lias moyen et d'autres du lias inférieur, très peu roulés et parfaitement conservés, malgré leur ténuité ; l'ensemble est recouvert par une série de couches sableuses ou marneuses de 1 mètre 1/2 à 2 mètres de puissance et appartenant au diluvium.

Enfin, comme dernier fait, je signalerai à Étales la présence du *Belemnites acutus*, dans sa partie la plus supérieure. On sait que ce fossile caractérise la fin du lias inférieur et qu'il ne se produit dans nos contrées qu'alors que la Gryphée arquée avait déjà cessé d'exister. Cette Bélemnite, fort rare dans la localité, y a-t-elle été amenée ou y a-t-elle vécu ? deux questions insolubles ; toutefois la Gryphée arquée manque complétement à Étales ; les assises supérieures sont pétries de fossiles hettangiens, et les inférieures ne renferment presque uniquement que des Cardinies.

Un mot en passant à propos du *Cardinia securiformis*, cité comme caractéristique par M. Dewalque. M. Agassiz a établi cette espèce sur un moule qui lui a été communiqué, et que d'Orbigny a rangé dans le sinémurien (*Prodrome*, p. 217), en y joignant à tort le *C. elongata*, Dkr., que je possède provenant de Halberstadt. D'Orbigny a également désigné (*Prodrome*, p. 235), sous le nom de *C. Philea*, une coquille de même taille que le *C. securiformis*, provenant de l'assise à *Ammonites Buvigneri* et *Guibalianus*. Ainsi, aucun de ces fossiles ne se trouve décrit ni dessiné, et, jusqu'à ce que leur diagnose soit bien connue, je crois qu'il convient de s'abstenir d'en considérer aucun comme caractéristique.

Quant à la statigraphie des Ardennes, indépendamment de ce que j'ai dit pour Étales, qui reproduit exactement ce que j'ai exposé dans mon Mémoire pour la Rochette, Helmsingen et Hettange, je trouve la même succession que dans le Luxembourg.

A Saint-Menge, le grès est très développé et présente une grande partie des fossiles de Hettange ; au-dessus des marnes d'un noir bleu, très sableuses, renfermant des *Montlivaltia Guettardi* et *Haimei*, et quelques rares Gryphées arquées ; enfin la crête est couronnée par le calcaire à Gryphites en exploitation.

Cette stratigraphie concorde avec celle d'Aiglemont avec ces modifications : 1° Les *Montlivaltia Haimei* se trouvent dans les assises supérieures du grès, accompagnées par quelques fossiles hettangiens ; 2° les marnes à Gryphées arquées succèdent et servent de niveau aux sources, assez proches du sommet de la côte ; 3° un grès sableux, stérile, identique avec celui d'Arlon, recouvre les marnes et le calcaire à Gryphites.

Ainsi, la paléontologie, la pétrographie et la stratigraphie des Ardennes sont identiques avec ce qu'on trouve à Hettange et dans le Luxembourg.

Je trouve dans la dernière publication de M. Dewalque (p. 723) cette phrase qui a besoin d'être analysée : « D'un autre côté, il est » avéré : 1° que la marne de Jamoigne, représentée sur la carte, » se continue à l'O. vers Warcq, à l'E. vers Helmsingen ; 2° que » la partie correspondante du grès de Luxembourg se continue à » l'O. avec le calcaire sableux inférieur, à l'E. avec le grès de » Luxembourg, aux environs de cette ville ; 3° que notre marne » de Strassen se continue à l'E. avec le même étage de Luxem- » bourg ; 4° que le grès de Virton va se réunir au calcaire sableux » supérieur et moyen, au moins à l'O. Je crois tout le monde com- » plétement d'accord sur ces points, de sorte que les preuves défi- » nitives se trouveront sur le territoire dont j'ai essayé de présenter » la constitution géologique. »

Je n'admets pas ces conclusions, et je me permettrai de m'appuyer sur l'opinion de ceux, qui comme moi, ne sont pas d'accord sur ces points.

1° Ce ne sont pas quelques lignes, que je dirai tracées au hasard, qui peuvent relier des points éloignés ; il faut se laisser guider par les lois géologiques. Est-ce la pétrographie ou la paléontologie qui ont conduit M. Dewalque à établir cette stratigraphie et ces rapports? Certainement non. Considérés isolément, ces trois points de Jamoigne, Helmsingen et Warcq, ne présentent aucun élément qui permette de les rapprocher.

A Jamoigne, *rive gauche*, on trouve avec des Gryphées arquées, nombreuses, une grande quantité de fossiles de Hettange, entre autres l'*Ammonites angulatus* (1).

A Warcq, la succession des bancs normaux du calcaire avec des Gryphées arquées et quelques rares fossiles hettangiens.

A Helmsingen, comme à Lœvelange et à Altwiess, aucun fossile caractéristique de Hettange ni aucune Gryphée arquée ; au contraire, quelques Cardinies spéciales à l'assise et surtout l'*Ammonites planorbis* (*psilonotus*, Quenst.).

Je pourrais demander encore ce que deviennent les localités intermédiaires entre ces trois points. Pourquoi sauter par-dessus Arlon et Strassen? car Strassen a son point de repère au haut

(1) A Jamoigne, *rive droite*, se présente le calcaire gréso-bitumineux, sans Gryphées, identique avec celui de Helmsingen.

de la montée de Steinfort et celui-ci avec Arlon. De cette ville, en allant à Jamoigne, en ligne directe, on a constamment à droite et à gauche de la route, les marnes qui servent de niveau aux sources. D'un autre côté, de Jamoigne à Saint-Vincent et Belles-Fontaines, dans la direction de l'E., on a la continuation de la même assise, partout et toujours le calcaire à Gryphées arquées et le sable et le grès d'Arlon et de Virton qui le recouvrent. Où donc trouver la connexion et les rapports entre Jamoigne et Helmsingen?

D'ailleurs la différence des faunes et surtout des Ammonites, à défaut d'autres moyens, suffit pour résoudre la question. C'est dans ce sens que je la vois traitée par M. Oppel. Ce géologue, discutant la position de l'assise à *Ammonites angulatus* en Allemagne et en France, s'exprime ainsi (*Juraformation*, 1re partie, pages 32 et suivantes): « La localité la plus riche en fossiles de » l'assise à *A. angulatus* est sans contredit Hettange, près de » Thionville (Moselle); nous attendons la publication de cette » faune qui comprend près de 200 espèces et qui est promise par » M. Terquem (de Metz). Il ne saurait exister aucun doute sur la » stratigraphie de cette contrée, en raison des fossiles caractéris- » tiques qui accompagnent l'*A. angulatus* dans le même gisement. » Cette formation a la plus grande analogie avec celle du même » âge des environs de Gmünd et de Gœpping.

» Il est plus difficile d'établir les limites de cette assise à » *A. angulatus* dans le lias inférieur de Luxembourg. M. d'Oma- » lius a placé les marnes de Jamoigne au-dessous du grès de » Luxembourg. MM. Chapuis et Dewalque ont admis cette division » et ont décrit les fossiles qui s'y rencontrent; ils placent l'*A. angu-* » *latus* dans les marnes de Jamoigne, accompagné par les Gryphées » arquées. D'après cela, ces marnes doivent être du même âge » que les couches inférieures de notre assise à *A. angulatus*, ce qui » ne concorde pas entièrement avec les faits normaux, en ce qu'une » partie de la formation gréseuse du Luxembourg s'étendrait » encore au-dessus. D'une part, les fossiles (*Littorina clathrata* » (*Chemnitzia aliena*), *Cerithium conforme*, *Cardinia concinna*, » *C. crassiuscula*, etc.), qui sont reconnus appartenir au grès de » Luxembourg, appartiennent également à la zone de l'*A. angu-* » *latus*. D'une autre part, les fossiles (*A. bisulcatus*, *Conybeari*, » *Lima gigantea*, etc.), que MM. Chapuis et Dewalque indiquent » pour le grès de Luxembourg, démontrent que les dernières » assises de ce grès appartiennent à l'assise de l'*A. Bucklandi*.

» On obtiendrait ainsi les divisions suivantes:

Grès de Luxembourg.	Assise à *Ammonites Bucklandi*. Région supérieure, à *Ammonites angulatus*.
Marnes de Jamoigne.	Moyenne et supérieure région, à *Ammonites angulatus*. Assise à *Ammonites planorbis?*.

» Suivant l'opinion de ces géologues, le grès de Luxembourg » doit constituer en réalité une autre formation que le grès de » Hettange. Le grès de Luxembourg étant caractérisé par » l'*A. Bucklandi*, il paraît que ses assises inférieures seulement » présentent l'*A. angulatus* et quelques autres fossiles caractéristi- » ques, tandis que le grès de Hettange possède seul et uniquement » l'*A. angulatus*. L'*A. planorbis* n'a pas encore, à la vérité, été » trouvé dans la localité de Jamoigne, et, s'il devait s'y trouver, ce » ne serait que dans les assises les plus inférieures. »

Il résulterait de là qu'en suivant la stratification donnée par MM. Chapuis et Dewalque, et éclaircie par M. Oppel, les marnes de Jamoigne et le grès de Luxembourg, ou une partie de ce grès, occuperaient dans la statigraphie une position supérieure à celle de Hettange; or l'inverse a lieu, du moins pour les grès, ce que tout le monde qui a visité les localités accordera sans conteste.

D'un autre côté, le doute qu'exprime M. Oppel sur la présence de l'*Ammonites planorbis* dans le Luxembourg n'aurait pas été élevé, si ce géologue avait eu connaissance de mon travail sur Hettange, où j'indiquais l'*Ammonites planorbis* (*psilonotus*, Quenst., *tortilis*, d'Orb.), à Helmsingen, Altwiess et Beaufort (*Paléont. de Hett.*, page 26).

En donnant plus haut les divisions établies par Quenstedt pour le lias inférieur de la Souabe, j'ai montré l'importance que cet auteur attache à la paléontologie et en particulier à certaines Ammonites, pour caractériser les assises.

De plus, M. Oppel, qui a voulu tout voir par lui-même, au lieu d'établir des lignes de rapport à distance, a visité Avallon (Yonne), et il a constaté (*Juraformation*, première partie, page 32) que « le vériable *Ammonites angulatus* (les exemplaires-types de » l'*Ammonites Moreanus* de d'Orb.) se trouve dans une roche » gréseuse, au-dessus de l'*Ammonites planorbis*, et que le tout » est recouvert normalement par les assises à *Ammonites Buck-* » *landi* et à Gryphées arquées. »

Ainsi les divisions observées à Avallon par M. Oppel concordent,

d'une part, avec celles établies pour la Souabe par Quenstedt, et, d'une autre part, avec celles que j'ai tracées pour Hettange et le Luxembourg. Mais, comme elles ne concordent pas avec celles de Jamoigne, il faut nécessairement conclure que cette localité présente un phénomène géologique exceptionnel, un fait unique dans la science.

Je reprends les propositions de M. Dewalque (page 723) :

« 2° Que la partie correspondante du grès de Luxembourg se » continue à l'O. avec le calcaire sableux inférieur, et à l'E. avec » le grès de Luxembourg aux environs de cette ville. »

Le calcaire sableux inférieur n'étant autre que le grès d'Arlon est constamment séparé du grès de Luxembourg par les marnes ou le calcaire à Gryphées arquées ; c'est ainsi qu'il se produit déjà à la montée de Steinfort et même dans la vallée de l'Alzett, *en face* de Dumeldange.

« 3° Que notre marne de Strassen se continue à l'E. avec le même » étage de Luxembourg. »

Qu'est-ce que Strassen, pour servir ainsi de point de repère et de type à une assise? C'est un îlot de calcaire à Gryphites, doué de sa pétrographie normale, possédant au maximum 1 mètre de puissance et environ 100 mètres carrés d'étendue sur le plateau, puis redescendant un peu dans le vallon, dans la direction du moulin. De toute la faune indiquée par M. Dewalque, je n'y ai jamais pu trouver que trois fossiles : *Gryphæa arcuata*, *Astræa irregularis*, *Pholadomya ventricosa*.

Ces trois ou quatre bancs reposent sur le grès, sans se confondre avec lui, puisqu'on exploite ce calcaire à Merle et à Holrich ; d'ailleurs il se continue dans les deux sens à bancs interrompus, d'une part par Steinfort à Arlon et à Bonert, où il repose sur un puissant massif de grès et est recouvert par le grès d'Arlon ; d'une autre part, on le voit le long de la vallée depuis Hesperange jusqu'à Hettange, et de là à Bouss, Rodemack, Mondorff, Altwiess, etc., toujours avec sa constitution normale et sur le grès.

« 4° Que le grès de Virton va se réunir au calcaire sableux su- » périeur et moyen, au moins à l'O. »

Le grès de Virton, étant lui-même le calcaire sableux inférieur, ne peut se réunir au calcaire sableux moyen, qu'il laisse derrière lui; cette assise commence à se montrer dans le vallon d'Eth, *à gauche*, *à mi-côte*, et en présente tous les fossiles caractéristiques ; elle se continue de là à Virton et à Breux, jusque près d'Aviotte.

Ainsi, des quatre propositions avancées par M. Dewalque, il n'en est pas une qui soit conforme aux faits observés dans le

Luxembourg ; toutes sont, au contraire, en désaccord avec la stratigraphie de l'Angleterre, de l'Allemagne et de la France, y compris le grand-duché de Luxembourg lui-même.

Personne n'a contesté à M. Dewalque (page 723) la présence du calcaire à Gryphites sur la rive gauche de la Semoie ; au contraire, tout le monde a soutenu ce fait, et personne n'a voulu y voir le calcaire sans Gryphée arquée de Helmsingen ; mais j'avoue avoir dit que ce géologue a pris, non les marnes ocreuses à *Gryphæa cymbium*, ou les grès qui les représentent, pour le calcaire à Gryphées arquées, mais bien le grès du lias moyen pour le grès de Luxembourg ; je l'ai dit avec d'autant plus de raison, qu'un peu plus loin (page 723) M. Dewalque s'exprime ainsi : « Vers le mi-» lieu du chemin creux qui conduit de la grande route au bâtiment » dit *la Papeterie* (Bommel-Hoff, sur la carte), on passe de la » marne de Strassen sur le grès de Luxembourg. » Or, je demanderai sur quoi reposent les marnes à Strassen même, pour qu'à cette Papeterie le grès de Luxembourg repose *sous* les marnes de Strassen? Il faut donc que ces marnes deviennent identiques avec celles de Jamoigne, qui sont censées placées dans le grès de Luxembourg. Est-ce là ce que voulait démontrer M. Dewalque? *Alors tout le monde serait d'accord!*

M. Dewalque continue en faisant la critique de mon Mémoire sur Hettange (auquel il applique une épithète que je ne saurais accepter) :

« 1° Les grès de Helmsingen, Lœvelange (écrit Locrelange par » M. Dewalque), Martinsart, etc., terminent la formation des » marnes irisées et ne sauraient être compris dans la formation » liasique ; ils sont en discordance avec le calcaire gréso-bitu-» mineux, et concordent avec les marnes irisées (Terquem, *Mém.* » *sur Hett.*, page 2). Voilà un fait capital (s'écrie M. Dewalque) » en opposition directe avec ce que tout le monde a reconnu jus-» qu'ici. Je ne sais ce qu'en diront les savants ; il y en a encore, » et du premier rang, qui considèrent le grès de Martinsart comme » l'équivalent du grès de Luxembourg ; quant à moi, je serai » bien aise de savoir où M. Terquem a vu et examiné cette dis-» cordance. »

Comme mes prétentions sont fort éloignées de me croire un savant d'un rang quelconque, je m'estime heureux d'avoir rencontré, chemin faisant, l'appui de quelques hommes qui ne se placent pas au premier rang et qui n'en ont pas moins leur mérite ; je me contenterai d'avoir pu acquérir l'approbation de M. Hébert et de M. Quenstedt, professeur de géologie à l'Université de

Tubbingen ; de MM. Oppel et de Hœvel ; de MM. P. Mérian et Escher de la Linth, dont je me suis permis de citer plus haut les opinions, et que je prie d'agréer mes excuses pour les avoir fait intervenir dans un débat de cette nature.

Si le grès de Martinsart est l'équivalent du grès de Luxembourg, et si celui-ci est annexe et continu avec celui de Hettange, qui en constitue les assises supérieures, il doit en résulter que le grès de Martinsart doit reposer sur les marnes de Jamoigne, et celles-ci sur les marnes irisées, d'autant plus que M. Dewalque cherche à démontrer l'identité des marnes de Jamoigne et de Helmsingen. Or, dans le Mémoire couronné, je lis tout le contraire à la page 9.

Premier étage. — Sable et grès de Martinsart.

« Cet étage, peu développé, repose en stratification concordante » sur les marnes du trias. »

Donc les marnes de Jamoigne ne se trouveraient plus sous le grès de Martinsart l'équivalent du grès de Luxembourg, et, par conséquent, le calcaire de Helmsingen ne serait pas placé sous les grès de Luxembourg. Une proposition entraîne nécessairement l'autre.

En y réfléchissant un peu, je serais porté à croire qu'il y a dans cette discussion un malentendu qui demande à être expliqué. Il est probable que M. Dewalque ignore, pour ne pas avoir visité les localités, qu'il existe à Lœvelange ainsi qu'à Helmsingen deux grès distincts, séparés par le calcaire gréso-bitumineux. *L'inférieur* est sableux, très micacé, sans fossiles ; c'est le keupérien ; le supérieur, sans mica et très calorifère, renferme des Cardinies et représente l'assise inférieure du grès de Luxembourg. L'inclinaison du premier est de l'O. à l'E., celle du second est du S. au N. Par ces raisons, j'ai dit qu'il y avait discordance entre la formation keupérienne et la formation liasique.

Pour l'observation qui suit, je remercie M. Dewalque de m'avoir offert l'occasion de convenir de l'erreur que j'ai commise et que j'ai signalée plus haut, la seule que je reconnaisse dans mon Mémoire sur la stratigraphie de Hettange et du Luxembourg ; je conviendrai donc que le grès de Luxembourg disparaît à la gauche d'Allert, mais qu'il se continue dans le département des Ardennes et ne se produit pas le long du cours de la Semoie.

Je ne me sens pas assez de logique pour suivre M. Dewalque dans la partie qui termine son observation ; la discussion ne présenterait d'ailleurs aucun intérêt pour la science.

En résumé, je me contente de la part qui m'est faite dans le

débat soulevé pour la classification du grès de Luxembourg ; je me crois en droit de dire que j'ai, le premier, établi une stratigraphie dont l'identité a été depuis reconnue pour la Bourgogne, l'Angleterre, la Westphalie, la Souabe et le Wurtemberg.

M. Virlet, en offrant à la Société un exemplaire de ses précédentes notes (voyez la liste des dons), profite de l'occasion pour rectifier une erreur involontaire qu'il a commise (p. 196 de ce volume) relativement à l'opinion professée par M. Hébert sur la formation des silex-meulières, erreur qui résulte d'une note en réponse à une communication de M. Meugy (*Bull.*, 2e série, t. XIII, p. 603), où il est dit en parlant des meulières inférieures au grès de Fontainebleau, « qu'elles doivent leur origine à des sources thermales. » J'avais cru, ajoute M. Virlet, et beaucoup de personnes auraient pu s'y méprendre comme moi, qu'il s'agissait ici d'une formation directe de meulières par les sources, ce que je considérais comme inadmissible, tandis qu'il résulte d'une discussion postérieure avec le savant professeur, qu'il considère les sources comme ayant simplement fourni, en même temps que le calcaire, la silice des calcaires siliceux, etc., ce que je suis loin de contester, mais qu'il admet parfaitement avec moi, que les silex-meulières sont le résultat d'une agrégation postérieure de la silice, seul fait que j'ai eue en vue de constater et de démontrer, sans me préoccuper le moins du monde de la source d'où pouvaient provenir les éléments siliceux transportés vers certains centres d'attraction, postérieurement au dépôt des masses argileuses qui les renferment aujourd'hui.

M. Virlet profite aussi de cette occasion pour réparer une omission également involontaire qu'il a faite dans sa Revue historique où il a oublié de citer les *Études sur le métamorphisme des roches* par M. Durocher (*Bull.*, 2e série, t. III, p. 546), dans lesquelles se trouve (p. 505) un paragraphe intitulé : *Mouvements moléculaires opérés à la température ordinaire dans l'écorce terrestre*, qui lui avait échappé jusqu'ici et dans lequel ce géologue distingué s'exprime ainsi :

« Nous avons vu quelques cas de métamorphisme qu'éprouvent les corps sous nos yeux et sous l'action de la chaleur ; les terrains qui composent l'écorce terrestre nous offrent aussi de

nombreux exemples de ces mouvements moléculaires qui se font à la température ordinaire ; ainsi je regarde la plupart des rognons, ou masses tuberculeuses contenues dans les terrains stratifiés, comme résultant de mouvements particuliers qui ont duré pendant plusieurs années et qui ne se sont pas faits seulement à l'époque où le dépôt sédimentaire se formait, mais encore après qu'il avait commencé à se tasser et à se consolider. Telle me paraît être l'origine des rognons ou tubercules siliceux, calcaires, marneux, ferrugineux et arénacés, auxquels on a donné les divers noms de *silex*, *chert*, *chailles*, *septaria*, etc. L'intéressant Mémoire qu'a publié M. Virlet (*Bull. Soc. géol.*, séance du 20 janvier 1845), sur la formation de ces rognons, me dispense d'entrer dans des détails circonstanciés sur ce sujet. J'ai la même manière de voir relativement aux principaux faits qu'a cités ce géologue : je considère ces tubercules comme résultant d'une concentration de matière siliceuse, calcaire, etc., qui s'est faite autour de centres d'attractions déterminés, soit par des corps organisés, soit par des noyaux de nature minérale. La présence de ces tubercules n'est pas propre seulement aux terrains tertiaires ou secondaires, mais souvent aussi on en rencontre abondamment dans les terrains de transition. Je me bornerai à joindre aux faits observés depuis longtemps quelques autres qui sont moins connus, et cela m'amènera à des considérations relatives aux circonstances où se sont produits ces phénomènes. » (Voir le Mémoire de M. Durocher qui y cherche à démontrer comme moi, par plusieurs faits curieux, la possibilité, dans de certains cas, du métamorphisme des roches, aux températures actuelles de la surface terrestre.)

M. Émile Benott fait, au nom de l'auteur, la communication suivante :

Pourquoi les débris morainiques sont, dans les Vosges, usés et arrondis; par M. Hégésippe Benott, docteur en médecine à Giromagny (Haut-Rhin).

Les traces d'anciens glaciers dans les Vosges ont été reconnues et étudiées par un assez grand nombre d'observateurs éclairés,

pour qu'il ne reste aux plus incrédules absolument aucun doute sur l'authenticité des ruines morainiques qui ont été décrites. Admettant donc comme bien démontrée l'existence du phénomène glaciaire dans les Vosges, je me bornerai à appeler l'attention sur une particularité qui a frappé tous les observateurs et qui est tout à fait spéciale aux éléments morainiques vosgiens. On remarque, en effet, que tous les débris composant les moraines sont remarquablement usés et arrondis, au point, dit M. Ed. Collomb, que plusieurs observateurs qui ont parcouru les glaciers des Alpes se refusent à croire que dans les Vosges la même cause ait pu produire des résultats si différents. Car, ce qui frappe dans la moraine alpine en voie de formation ou récemment abandonnée, c'est, en dehors de la forme générale et de l'absence de tout striage, l'état presque parfait de conservation de tous les débris et l'incohérente confusion des éléments les plus disproportionnés de volume, depuis l'atome de boue porphyrisée jusqu'aux blocs les plus volumineux, qui, bousculés et comme accrochés les uns aux autres, attestent par un saisissant désordre les fonctions tout à fait particulières de l'agent qui les a transportés.

Dans les Vosges, au contraire, tous les éléments glaciaires sont comprimés et réunis en un tout à peu près compacte ; les angles, les arêtes et les anfractuosités ont complétement disparu, et il n'y a presque plus de fragments anguleux. Cependant on retrouve bien, comme dans les Alpes, les moraines frontales disposées en barrages d'un bord à l'autre de la vallée, avec une légère convexité en aval, les moraines latérales, en un semis de blocs sur les pentes du bassin, les galets striés, la boue glaciaire, les roches polies et moutonnées, etc., en un mot, tout ce qui peut constituer le squelette d'un ancien glacier. D'où peut provenir une différence aussi tranchée entre les effets d'une même force s'exerçant dans des conditions assez identiques en apparence et sur des roches de composition à peu près semblable? Quelle est, en un mot, la cause de cette usure si complète des blocs et galets vosgiens, si peu proportionnée au court chemin qu'ils ont parcouru et au peu de collision qu'ils ont éprouvé dans leur trajet?

On a donné diverses explications de cette particularité, qui fait contraster d'une manière si frappante les moraines vosgiennes avec ce qu'on peut observer actuellement dans les Alpes, où l'on va habituellement chercher le prototype du glacier et de ses effets. M. Ed. Collomb (*Preuves de l'existence d'anciens glaciers dans les Vosges ;* Paris, 1847, p. 203) pense que tout s'explique par ce fait que, dans les Vosges, les glaciers n'étaient pas surmontés de pics

élevés, et que la plupart des débris ont été arrachés au sol et ont cheminé avec un énorme frottement contre la glace et la roche en place. A cette explication fort rationnelle et fort juste, j'ajouterai la part d'influence qu'ont dû avoir sur l'usure des matériaux les cols que franchissait la mer de glace et les oscillations répétées qui, à plusieurs reprises, ont bousculé et reconstruit les moraines. Bien qu'on ne puisse refuser à ces explications une grande probabilité d'exactitude, on ne peut pas non plus s'empêcher de les suspecter d'insuffisance, et de leur attribuer seulement une participation assez restreinte au fait dont il s'agit de retrouver la cause.

Peut-être les considérations suivantes conduiront-elles à la vérité sur cette question.

Des recherches, entreprises dans le but de constater l'espèce et le degré d'altération qu'ont subis les éléments du terrain de transport, m'ont conduit à établir que la *transformation argileuse* est le dernier terme d'altération des roches siliceuses, et que cette transformation, commencée même au moment de l'apparition de la roche, s'est toujours continuée et se continue encore de nos jours. En effet, quel que soit le nombre des éléments minéralogiques qui concourent à former une roche siliceuse, on ne trouve en général à l'analyse que les facteurs suivants : silice, alumine, oxyde de fer, oxyde de manganèse, magnésie, chaux, potasse et soude. Or, les agents de décomposition opèrent le départ de ces éléments de la manière suivante : d'un côté, les alcalis et les oxydes alcalino-terreux se dissolvent à l'état de silicates basiques, et, de l'autre, les terres et les oxydes métalliques, unis au reste de la silice, forment un résidu argileux absolument insoluble et indécomposable. La résistance que les diverses espèces minéralogiques opposent à cette transformation argileuse définitive est très variable : le quartz est absolument inattaquable, le mica jouit d'une résistance presque aussi absolue, puis viennent le talc, le pyroxène, l'amphibole, et enfin le feldspath, qui cède avec une grande facilité. Ceci explique, pour le dire en passant, pourquoi les argiles, véritables résidus chimiques, sont toujours plus ou moins mélangées de sable quartzeux et micacé. Cette décomposition est incessante et continue partout où l'air et l'eau peuvent atteindre les roches siliceuses, et l'on conçoit quelle importance elle doit avoir en géologie, lorsqu'on envisage la puissance des assises arénacées ou argileuses qui se composent exclusivement des résidus que je viens de signaler.

Les débris morainiques subissent la loi commune et se convertissent en argile avec sable quartzeux et micacé et silicates solu-

bles entraînés par les eaux. Cette décomposition marche de la périphérie au centre et rend, à mesure qu'elle avance, la surface de chaque fragment de plus en plus friable. On peut facilement observer sur une cassure fraîche les effets et la marche de cette altération progressive, disposée comme une zone autour du centre intact du caillou ou du fragment de roche. Plusieurs fragments n'offrent pas cependant sur toute leur surface une altération également avancée, ce qui dépend évidemment d'une fragmentation survenue depuis le moment où les agents extérieurs ont commencé à agir. Or, pour les roches vosgiennes, *nées avant l'époque houillère*, la transformation argileuse et la friabilité qui en est la conséquence ont commencé immédiatement après leur naissance, époque où la fragmentation, favorisée par les fissures de retrait et l'existence probable de pics élevés, a dû amonceler des quantités prodigieuses de débris qui sont ainsi restés exposés aux agents destructeurs pendant toutes les périodes géologiques successives jusqu'au moment où, à la fin de l'époque tertiaire, les agents de transport reprenant tous ces matériaux les ont déposés comme on les trouve aujourd'hui. Les moraines ne contiennent que le centre non altéré des fragments, tandis que la périphérie, c'est-à-dire les angles et les arêtes de ces mêmes fragments ont été entraînés à l'état d'argile et de sable que l'on trouve dans les plaines en couches plus ou moins distinctes, ou bien mélangés à des débris plus volumineux pour former les vastes épaisseurs de conglomérat qui constituent la majeure partie du terrain de transport.

D'après ce qui précède, il me paraît légitime de conclure que l'état d'usure des débris morainiques vosgiens a été amené par des altérations chimiques antérieures à l'époque glaciaire, et qui ont rendu extrêmement friables la superficie ainsi que les angles et les arêtes de chaque fragment, les portions de la surface qui sont relativement moins altérées correspondant à une fragmentation survenue pendant la période de transport.

Ainsi s'explique facilement un fait, dont la cause jusqu'ici me paraît avoir été complétement méconnue.

Le Secrétaire donne lecture de la note suivante de feu M. de Boucheporn :

Notes sur la géologie de l'isthme de Panama, recueillies par feu F. de Boucheporn, et coordonnées par M. V. Raulin.

INTRODUCTION.

Peu après les publications faites en 1844 et 1845 par MM. Michel Chevalier et N. Garella sur l'isthme de Panama, il se forma une compagnie dite du *Panama rail-road*, pour l'exécution d'un chemin de fer destiné à mettre en communication facile et rapide les deux Océans. En 1849, cette compagnie, sous la haute direction de M. Aspinwall, projeta une exploration scientifique qui devait servir à l'éclairer soit sur la construction et l'exploitation du chemin de fer, soit relativement à la concession d'une certaine étendue de terrain qui devait lui être faite sur ses flancs. Le concours de plusieurs savants fut réclamé tant en France qu'en Angleterre et aux États-Unis. Sur la recommandation de M. Michel Chevalier, M. de Boucheporn fut agréé en qualité de géologue de l'expédition dont M. Agassiz, déjà aux États-Unis, devait aussi faire partie. Un traité fut passé à Paris le 13 janvier 1850 entre le représentant de la compagnie et M. de Boucheporn qui partit immédiatement pour Londres, et s'embarqua vers le 20 à Southampton sur le transatlantique *Tay*.

Pendant la traversée, le navire toucha à Madère, la Barbade, Saint-Thomas, Porto-Rico, Jacmel dans l'île de Haïti, la Jamaïque et Carthagène ; mais la brièveté de chacune de ces relâches ne permit aucune observation géologique de quelque importance.

Enfin, dans les derniers jours de février, M. de Boucheporn arriva à Chagres, d'où il partit immédiatement pour Panama. Ce dernier trajet se fit, comme d'habitude, en barque de Chagres à la Gorgona, et ensuite sur des chevaux jusqu'à Panama.

En arrivant dans cette ville, M. de Boucheporn éprouva des déceptions qu'il exposa plus tard dans un rapport au président de la compagnie : « Je me suis trouvé, dit-il, à mon arrivée dans cette contrée, seul, sans indications précises de ma ligne de travaux, sans moyens d'exploration. Après quelque temps d'attente de travaux importants, j'acquis enfin la certitude que l'expédition projetée à travers les parties peu connues de l'isthme, pour laquelle je m'étais engagé dans un but surtout scientifique, était abandonnée de fait par la compagnie, au moins pour le moment. Le 5 mars, j'écrivis pour demander des instructions plus explicites et des moyens d'action, ou pour proposer une résiliation de mon

raité avec la compagnie, si je ne pouvais absolument pas lui être tile. On a adopté ce dernier parti, et la réponse qui m'apprit ue M. Agassiz ne pouvait venir ne me parvint que le 5 mai, de elle sorte que mon départ de l'isthme ne put être effectué que le 4 de ce mois, ce qui m'amenait, à quinze jours près, au terme xé par mon traité. J'avais donc passé dans l'isthme deux mois et lemi ; mais le malheur des circonstances a voulu que, manquant l'indications sur le but à suivre, n'ayant à ma disposition immédiate aucun moyen de transport, n'étant pas autorisé à en faire la lépense et attendant chaque jour une réponse, je n'ai pu m'écarter beaucoup de Panama, ou du moins de la ligne présumée du chemin de fer.

» Des indices de charbon, signalés depuis assez longtemps sur 'une et l'autre côte du Chiriqui, soit près de San-David, du côté de l'océan Pacifique, soit près de Bocca del Toro, du côté le l'océan Atlantique, m'avaient été indiqués par M. Aspinwall comme un des sujets d'étude à désirer par la compagnie ; mais il aurait fallu bateaux, chevaux, guides, quelques moyens d'excavation sur place, et enfin séjourner un peu de temps. J'ai consulté à-dessus, et l'on m'a dit que l'intention de la compagnie ne paraissait pas être de faire cette reconnaissance, que la qualité du charbon ne semblait pas le demander, surtout pour celui de 'océan Pacifique qui est au niveau de la mer et couvert par la marée haute. Je me suis donc abstenu, et il en a été de cette question comme de celle de l'étude des hauteurs comparatives les principaux points de partage. Je ne pouvais faire une étude que l'on semblait juger inutile, la ligne du chemin ayant été arrêtée. Du reste, j'ai reconnu que dans ce pays les reconnaissances le terrains devaient être nécessairement longues, vu la chaleur énervante du climat et la difficulté des chemins. Ce long préambule n'est destiné qu'à faire comprendre la stérilité de résultats à laquelle ma bonne volonté est venu aboutir. J'en ai souffert le premier, car le but réel de mon voyage était l'observation scientifique.

» Malgré tout ce que je viens d'énumérer, je ne suis pas toutefois resté absolument oisif pendant mon séjour à Panama, et malgré l'indifférence et l'espèce de répulsion que j'éprouvais de toutes parts, je n'ai point absolument perdu de vue les intérêts pour lesquels j'avais été appelé. J'ai observé, autant que je l'ai pu, la géologie de la contrée entre les limites de laquelle je pensais que le chemin de fer pouvait être construit, et j'en ai déduit quelques

réflexions dont il est possible que l'exposé ne soit pas toutefois dénué d'utilité. »

De Panama, M. de Boucheporn retourna par le même chemin à Chagres, puis quittant l'isthme, il se rendit à la Havane et à New-York ; de là il fit des excursions dans divers États de l'Union américaine, jusqu'aux chutes du Niagara, avant de reprendre le chemin de l'Europe. La géologie de ces pays étant bien connue, il ne recueillit que des observations détachées dont il comptait tirer parti pour une nouvelle édition de ses *Études sur l'histoire de la terre* et dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

D'après le désir que m'a exprimé madame veuve de Boucheporn, j'ai examiné les carnets de voyage. M. de Boucheporn n'avait jamais pris la peine de rédiger et de publier ses observations qu'il regardait comme trop incomplètes. Certainement je me trouve dans des conditions infiniment moins favorables que lui pour le faire, et je ne l'aurais pas entrepris, si je ne m'étais aperçu que les résultats auxquels il était arrivé diffèrent très notablement de ceux qui avaient été exposés cinq ans auparavant par M. N. Garella dans un livre que M. de Boucheporn avait entre les mains lorsqu'il visitait le pays. Cette considération seule m'a engagé à mettre au jour ces notes qui ont été recueillies il n'y a pas encore dix ans et qui n'ont certainement pas vieilli.

Les notes que je publie sous forme d'itinéraire ont été prises soit dans le voyage de Chagres à Panama et le retour à Chagres par le même chemin, soit dans des excursions autour de Panama et aussi à Porto-Belo. Elles sont suivies de considérations générales sur la géographie physique et la géologie de l'isthme, et l'exécution du chemin de fer, extraites textuellement du rapport précédemment cité et d'une lettre adressée le 15 mars 1850 au président de la compagnie.

ITINÉRAIRE.

1° *De Chagres à la Gorgona.* — En arrivant en rade de Chagres, on a devant soi la vallée qui, en raison de ses sinuosités, paraît bientôt fermée par les contre-forts latéraux. La côte à droite, au S.-O., est formée par un plateau assez ondulé, en partie couvert d'arbres ; à gauche, au N.-E., le plateau plus uni, nu, commence par le mamelon qui porte le fort San-Lorenzo. On y voit un grès fort semblable à celui de Panama, qui ne paraît pas coquillier, et dans lequel on croit reconnaître une stratification dirigée O.-N.-O.

Sur la plage, il y a des fruits à coque carbonisée, ressemblant à ceux du terrain houiller qui n'est lui-même qu'un dépôt renfermant les plantes caractéristiques des marécages tropicaux, les fougères arborescentes.

Le Rio-Chagres, dans la partie inférieure de son cours jusqu'au-dessus du confluent du Rio-Trinidad, a une pente si faible que la marée de l'océan Atlantique s'y fait ressentir, quoiqu'elle ne dépasse pas 0m,40 de hauteur moyenne. La vallée large, les berges très basses, le lit profond et large permettent une montée facile, mais sans intérêt pour le géologue qui n'aperçoit de sa barque que sables et limons plus ou moins couverts de végétation. Au-dessus, la vallée devient plus étroite ; le cours d'eau, plus rapide et plus sinueux, entame souvent les berges en mettant à découvert soit les dépôts d'alluvion, soit les roches qui forment le fond du sol.

A Las-dos-Hermañas, la rivière est momentanément réduite à une largeur d'environ 40 mètres par une avancée sableuse; les rives sont élevées de 4 à 5 mètres, et il serait très facile d'y établir un pont. Sur plusieurs points, en amont, il y a, au-dessus de masses argileuses d'alluvion, des accumulations de racines ou de feuilles altérées, en couches véritables de 1 à 2 mètres, qui sont autant de restes de la végétation locale et qui donnent une idée de la manière dont se sont formées les couches de combustible du terrain houiller ; tantôt elles sont baignées par la rivière et tantôt elles sont à quelques mètres au-dessus.

Avant d'arriver à Vamos-Vamos, on trouve le premier terrain en place dans le fond de la vallée ; ce sont des roches amphiboliques très décomposées, courant au N.-E. ou à l'E.-N.-E.; elles sont surmontées par une masse arénacéo-argileuse, ordinairement gris violet, de 6 à 7 mètres d'épaisseur, en couches peu épaisses ou presque feuilletées. Un peu plus haut, il y a, sur la rive droite, une grande masse de brèche volcanique à ciment argileux.

Avant Peña-Blanca, on trouve un terrain de grès, plus développé à Barbacoa, dont les couches paraissent courir au N.-O. Mais autour de cette localité, sur la rive gauche, la roche amphibolique reparaît au niveau de la rivière; elle est surmontée par 8 à 10 mètres de roche en décomposition, semblable à une alluvion argileuse, mais montrant encore la division verticale et les formes prismatiques.

A moitié chemin de Varro-Colorado, une coupure sur la rive droite de la rivière offre un amoncellement d'énormes blocs de basalte, qui paraît superposé à un terrain dont on voit distinctement les couches courir au N. ou au N.-N.-O. A une demi-heure en aval de ce lieu, sur la rive droite, la rivière détache du milieu

des alluvions de gros blocs arrondis de 1 mètre cube d'un basalte noir; le haut de la berge est formé par un épais lit de cailloux également noirs, de la grosseur de la tête, enfoncés dans un limon argileux. Sous le village, le basalte apparaît dans la rivière, sur la rive gauche, mais il disparaît bientôt sous le sable argileux qui forme, pendant assez longtemps, des escarpements de plus de 10 mètres de hauteur.

En aval de Palenquilla, il y a, pendant une heure, au-dessous de la couche argileuse générale, des cailloux formant un terrain qui s'élève à quelques mètres au-dessus de la rivière. Au village se montraient déjà des grès, en bancs paraissant courir au N.-O.; à moitié chemin de Barbacoa, ils ressortent, mais presque entièrement à l'état sableux; un peu plus haut, sur la rive droite, il y en a des parties, de couleur blanche, peu développées, qui paraissent courir à l'O.-N.-O. et qui s'appuient sur une masse amphibolique. Celle-ci reparaît, à une demi-lieue de Barbacoa, au niveau de la rivière, au-dessous de 6 à 8 mètres de sables argileux.

De Tabernilla, en allant à pied à Barbacoa par la rive droite, on passe sur des poudingues à fragments calcaires et à ciment de grès argileux rougeâtre; puis on arrive à une falaise à pic de sable grisâtre ou bleuâtre. Sous Barbacoa même, il y a un escarpement de 15 mètres de hauteur formé par une masse pierreuse blanchâtre, peut-être de grès calcaire, à laquelle fait suite, sans qu'on puisse s'assurer s'il passe par-dessus ou par-dessous, le terrain de sable grisâtre dont les couches paraissent courir au N.-E.; il est recouvert par des sables argileux qui vont, à San-Pablo, s'appuyer sur le terrain amphibolique désagrégé en énormes boules portant des traces évidentes de décomposition à leur surface. Celui-ci se poursuit, sur la rive gauche, jusqu'à Baila-Mona, en présentant des apparences de stratification dirigée au N.-O.

Presque en face de San-Pablo, sur la rive droite, il y a un grès grossier à taches bleues qu'on prendrait, au premier aperçu, pour un granite, et qui paraît se continuer vers la Gorgona; cependant à Baila-Mona on retrouve des bancs de roches blanches, peut-être de grès, qui paraissent plonger au N.-O.

Enfin, à une heure avant la Gorgona, apparaissent des amphibolites décomposées qui font bientôt place aux roches basaltiques qui supportent ce bourg.

2° *De la Gorgona à Panama.* — En sortant de la Gorgona, on retrouve les roches basaltiques qui paraissent former la haute plaine, assez longue, glaiseuse et marécageuse, dans laquelle on

avance jusqu'à moitié chemin de Panama. A cet endroit, nommé as Vueltas, une phonolite forme un monticule pointu; un peu lus loin, au-dessous de l'auberge américaine, il y a une sorte e brèche volcanique ou plutôt un véritable trachyte couleur de hair. Les basaltes reprennent pendant deux heures autour de 'upadero, où M. de Boucheporn crut apercevoir un calcaire, puis ont place à des porphyres pendant trois quarts d'heure. Les oches basaltiques reparaissent de nouveau; elles sont grises, semblables à celles d'Auvergne, avec des cristaux d'amphibole, et se oursuivent jusqu'à la sortie des bois, à l'auberge dite *Hacienda-Vieja*, à une heure et demie de Panama.

Arrivé en ce point, le voyageur a dépassé les vertes montagnes lu Cerro-Juan-Diaz; il a devant lui la plaine de Panama, limitée l'O. par une ligne de hauteurs courant à peu près au S. 15° à 20° O. et largement ouverte à la mer. En descendant, il retrouve le basalte qui paraît former plus loin des savanes rougeâtres; il y des filons de quartz frité par la chaleur. Après le pont de la Polvora, à trois quarts de lieue avant Panama, il laisse à l'E. un nonticule pelé basaltique, à surface rougeâtre, profondément altérée, dont la base paraît pourtant formée par des grès; il se rouve là comme au centre d'un vaste cirque volcanique dont une noitié démantelée formerait la baie de Panama.

3° *Panama.* — La ville est bâtie sur une pointe avancée en mer, à la base orientale du Cerro-Lancon; trois sortes de roches, d'âges bien différents, se voient sous les murailles. Au niveau de la basse mer, au bas des remparts, il y a une masse de grès sableux blanc jaunâtre ou d'un gris jaunâtre d'un gris violet à l'intérieur, ressemblant à un grès porphyrique en décomposition; elle pourrait être regardée comme de l'âge du grès bigarré; elle est dirigée de l'E. à l'O. Sur quelques points, elle renferme des empreintes ferrugineuses de 1 mètre de développement ou de diamètre, desquelles semble partir une tige de 0m,30 à 0m,50 de longueur. Ces corps qui ont le port des *Pentacrinus* ou de certains fucoïdes, se composent d'une masse centrale, avec une pointe d'attache, et d'une douzaine de ramifications simples, dont une cependant est trifide, au moins aussi longues que le diamètre du corps central; ils sont ordinairement étalés, d'autres fois couchés sur le côté, les ramifications étant étalées ou réunies en forme de lis fermé.

Sous les murs, vers le N. et un peu plus loin à l'O., un trachyte porphyroïde, en grande partie décomposé et facilement méconnaissable, forme une masse de 8 à 10 mètres d'épaisseur : elle se

montre en recouvrement sur le grès précédent jusqu'au niveau de la mer, et n'est sans doute qu'une grande coulée.

Enfin les murailles de Panama sont assises sur une brèche madréporique moderne qui se voit très bien aussi sur le rivage, à dix minutes au N.-O.; les couches dirigées de l'E. à l'O. sont formées de petit fragments de polypiers, de coquilles et de trachyte, avec des Peignes et des Huîtres, dont le test est conservé; un Oursin de grande dimension se trouve sous les murailles en vue de la promenade du rempart.

4° *Cerro-Lancon à l'O. de Panama.* — Les grès anciens forment partout les bases de la montagne. Au N.-E. un puits, d'au moins 10 mètres de profondeur, où l'on vient puiser l'eau d'une source voisine, est entièrement creusé dans un grès blanchâtre qui est bien en place, soit sous un porphyre trachytique, soit à côté. En tournant par le N., on voit les couches de ces mêmes grès, blanchâtres ou rougeâtres, se poursuivre jusqu'au pied du premier monticule où des blocs de porphyre viennent s'y superposer.

A l'O. de Panama, sur la plage en se dirigeant vers le Rio-Grande, on voit les couches qui bordent la mer formées par un grès marbré qui rappelle singulièrent les apparences de notre grès bigarré; il est dirigé au N. ou au N. 20° E., avec une inclinaison moyenne de 12 degrés allant quelquefois jusqu'à 15 à 20 degrés. Un peu plus loin, ce grès bigarré, dirigé du N. au S., est tendre et renferme des blocs qui ont la dureté du quartzite; certains bancs étonnés et fendillés en parallélipipèdes, comme les roches ignées, renferment des cristaux de feldspath adulaire; il se pourrait qu'il y eût là de véritables masses trachytiques en recouvrement sur les grès ou en faisant partie. Cette roche se montre sur une longueur d'environ 300 mètres; puis on voit reposer sur elle un terrain, en couches dirigées au N.-N.-O. et très inclinées, qui paraît un grès fragmentaire altéré.

En continuant, on rencontre à fleur d'eau une sorte de quartzite brun très singulier, sans apparence bien claire de stratification si ce n'est verticale; il ressemble aux argilophyres travaillées à Naples sous le nom de lave du Vésuve. Par-dessus, un peu plus loin, il y a des bancs de grès cendré, presque horizontal, qui semble formé de détritus trachytiques. Toute la partie de terrain occupée par ces roches stratifiées ou quasi-stratifiées forme la vallée de Rio-Grande, comprise entre deux avances en mer. Il y a probablement là quelque faille qui a abaissé le terrain en couches.

Toute la pointe qui suit et qui limite à l'E. le cours du Rio-Grande, présente, après ces sortes d'argilophyres, des grès rouges, puis blanchâtres, en couches presque horizontales; il y a des blocs arrondis, souvent de la grosseur d'une noix de coco, dont la couche extérieure fibreuse paraît formée par l'oxyde de fer.

La masse du Cerro-Lancon, qui a les formes arrondies des pays de l'Auvergne, est formée par le même trachyte porphyroïde qui recouvre les grès près du rivage; c'est sans doute un ancien renflement volcanique, une boursouflure. Près du Rio-Grande une avancée est constituée par des blocs de porphyre trachytique assez bien liés entre eux et dépendant probablement d'une brèche contemporaine des coulées. Près de la côte, le petit îlot de Punta-Mala est également trachytique.

Du Cerro-Lancon, le monticule qui est entre le Rio-Grande et le Rio-Farfan, semble un ancien volcan; la partie supérieure présente une dépression cratériforme dont le bord culminant se trouve du côté du N.

5° *De Panama à Mari-Prieta au N.-E.* — En sortant de la ville on rencontre les grès rougeâtres anciens sillonnés par des ravins. La Playa-Prieta est un rocher qui avance en mer, et qui est formé par un basalte gris d'apparence porphyrique. Sur le rivage, avant d'arriver à Panama-Vieja, il y a une brèche paraissant presque entièrement formée de très gros fragments demi-angulaires d'une roche gris noirâtre, à cristaux d'amphibole noire ou de pyroxène, qui sont également abondants dans la pâte elle-même; il y a aussi des fragments de porphyre dioritique vert. Elle rappelle le *Rothe todte liegende* d'Europe, mais les fragments qui ont leurs analogues dans les roches de l'Auvergne et de la Somma démontrent bien qu'elle est beaucoup plus moderne et volcanique.

Panama-Vieja est établi sur une énorme brèche, sans indice net de stratification, à grands fragments de porphyre gris et rouge, de basalte, de grès altéré, réunis par un ciment grésiforme grisâtre; celui-ci, tout carié à sa surface, paraît l'avoir été par les eaux de la mer. Quant aux murailles, elles sont en pierre taillées de grès blanc jaunâtre, à petits fragments de coquilles.

Au delà, on retrouve le basalte jusqu'à la grande descente du Rio-Palome qui montre une brèche volcanique et trachytique, des basaltes décomposés et aussi un trachyte porphyroïde rouge, à cristaux d'amphibole. Avant Mari-Prieta un granite porphyroïde se présente pour la première fois, mais dans la descente au village il fait place à un porphyre gris. Le Rio de Mari-Prieta est à plus d'une heure du village; pour y arriver il faut contourner une

colline assez étendue au nord de laquelle s'en trouve une autre assez élevée nommée Cerro-San-Bartholoméo, où il y a, dit-on, des veines d'or qui ne sont plus visibles. Dans le Rio même il n'y a que des blocs de ce porphyre gris basaltique qui constitue le sommet du massif de Mari-Prieta ; les petits cailloux sont de cette même roche décomposée, et pour obtenir l'or on lavait les anciens dépôts sableux et caillouteux des bords du Rio. Le porphyre gris contient beaucoup de fragments de pyrite, et c'est sans doute celle-ci qui est aurifère ; aussi la poudre d'or que l'on retirait de ces lavages, aujourd'hui abandonnés, devait-elle être impalpable.

6° *Porto-Belo.* — Ce port est situé sur l'océan Atlantique, au N.-E. de Chagres ; la colline qui le domine au sud présente une ophite et des porphyres en décomposition, fendillés et à fissures tapissées d'un enduit ferrugineux ; les ruisseaux renferment des cailloux de basalte.

Sur le penchant de la colline, à une hauteur d'environ 10 mètres au-dessus de la mer, il y a une ligne de détritus enveloppés d'argile ; dans lesquels se trouvent de grands polypiers mêlés à des blocs porphyriques ; on en fait les murs des maisons et les pavés des chemins. Ce n'est pas le terrain tertiaire mais bien plutôt une ligne d'ancien niveau de la mer correspondant à la colline de Chagres.

A quelque distance de la ville il y a, comme à Panama, des brèches volcaniques qui servent de base à un banc de madrépores qui s'avance de 30 à 40 mètres en mer ; celui-ci fournit comme à la Barbade une grande partie des matériaux de construction.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Géographie physique. — « Sous le rapport topographique, dit M. de Boucheporn, j'aurai sur la partie de l'isthme que j'ai parcourue peu de chose à dire qui ne soit déjà connu par d'autres observations, soit celles de M. Lloyd, soit celles de M. Garella, soit celles qu'à fait faire la compagnie elle-même. On sait que les deux océans y sont séparés par une crête montagneuse d'une médiocre élévation et n'occupant pas exactement la ligne centrale, car elle est plus rapprochée de l'océan Pacifique que de la côte de l'Atlantique. On sait que le faîte de cette chaîne assez élevé vers le Darien d'une part, vers le Veragua d'autre part, est notablement abaissé entre Chagres et Panama, ainsi que l'on peut l'apercevoir d'un coup d'œil général lorsque sur l'une ou l'autre mer on s'éloigne de la côte en la longeant à quelque distance. Il

emble qu'il se soit formé là, dans l'étroit espace de quelques ieues, une sorte de grande vallée en travers de la montagne, omme celles qui font couper, à plusieurs rivières des États-Unis, es chaînes d'une certaine élévation (le Potomac, l'Hudson, par xemple). Je crois en effet que les choses se sont ainsi passées, et u'il y a eu en ce point un affaissement local, transversal à la irection de l'isthme.

» Le principal trait de cet affaissement me paraît être dans une irection linéaire orientée du N. au S., que l'on trouve complé-ement dessinée dans les alignements successifs de la vallée du ernardino, du Lirio, du Caño-Quebrado avec la partie adjacente u Rio-Chagres, puis d'une autre partie considérable de cette même rivière de Chagres entre Las-dos-Hermanas et le Gatun, lignement prolongé enfin par celui de la baie du Limon ou Navy-ay, très marqué aussi dans la direction N.-S. — En ajoutant out à bout ces diverses coupures, on voit quelles complètent la raversée de l'isthme, et si, de plus, on examine le cours de la ivière de Chagres, sur une carte détaillée (celle de M. Garella ar exemple) on peut remarquer que le tracé sinueux de cette rande artère de l'isthme se résume dans les intersections éche-onnées de deux directions principales de vallées, celle du N. au S. dont je viens de parler, et celle de l'O.-N.-O. ; la première épond à l'orientation générale des Cordillères de l'Amérique du Sud, et l'autre à l'orientation générale de l'isthme lui-même et le toute la Cordillère du Guatemala. Ce découpement des rivières n plusieurs directions linéaires échelonnées et cette correspon-lance des principales lignes de vallées avec des grandes lignes de nontagnes, que je regarde comme très importantes en géologie et dont la première idée m'appartient, je crois, n'a pas ici grande importance ; ce qui me paraît bon néanmoins à indiquer, c'est que a suite des vallées entre la baie du Limon et l'embouchure du Bernardino, pris du bourg de la Chorréra, présentant une série *continue* d'alignements N.-S., il n'y a guère de doute que ce ne soit là un centre d'affaissement, et par conséquent, suivant toute probabilité, une ligne de plus grand abaissement du point de par-tage (pour ainsi dire un lieu géométrique du point de partage). C'est ce qu'en effet, les reconnaissances faites par divers observa-teurs et ce que la vue générale du terrain, prise d'un point élevé, me semblent démontrer. Je me suis convaincu, en effet, qu'au sud de Porto-Belo d'une part, et au nord du Cerro-Trinidad de l'autre, la crête se relève notablement. Quoique cette ligne de Chagres à Panama soit aussi la plus courte entre les deux mers, il ne s'ensuit

pas, par cela même, que le tracé d'un chemin de fer doive nécessairement la suivre dans la direction linéaire; il y dans une semblable question beaucoup d'autres considérations à consulter; j'en toucherai du reste un mot un peu plus loin.

» Nous avons admis, comme tous les observateurs, que la ligne des montagnes se dirige à peu près comme l'isthme lui-même, ce qui indique, pour le dire en passant, peu de complications dans les phénomènes qui ont soulevé cette terre hors des eaux et par conséquent assigné déjà une époque récente à ce soulèvement; il ne faudrait pas se figurer, néanmoins, qu'il y ait dans cet ensemble géographique une unité, une simplicité complètes. Les montagnes de cette partie de l'isthme sont au contraire enchevêtrées les unes dans les autres avec une certaine irrégularité, avec une sorte de confusion que leur revêtement uniforme d'épaisses forêts tend à rendre encore plus sensible; quelques parties sont d'ailleurs détachées de la chaîne centrale : ainsi le plus haut sommet de cette partie de l'isthme, le Cerro de Cabra, élevé de 492 mètres, est sur le bord même de la mer au voisinage de Panama, et il n'est rattaché à l'arête centrale que par un faible contre-fort. Le Cerro-Trinidad, assez loin, au S.-O., sommet beaucoup plus élevé, en est plus détaché encore. C'est qu'aux soulèvements linéaires causés par les grandes révolutions géologiques, il faut joindre ici deux phénomènes dont on concevra l'influence quand nous aurons dit quelques mots de la composition géologique du sol; je veux parler du phénomène volcanique capable de soulever des montagnes isolées, et de la décomposition des roches, qui est très rapide dans ces régions et qui dénude irrégulièrement les versants des montagnes.

» *Géologie.* — Ceci nous conduit naturellement aux considérations purement géologiques. Nos études, bornées qu'elles étaient à la ligne présumée du chemin de fer, devaient porter principalement sur la nature du sol sous le rapport de la difficulté que peut présenter telle ou telle partie aux excavations. »

Les terrains de l'isthme se rapportent à plusieurs groupes que M. de Boucheporn (1) considérait comme moins anciens que M. Garella ne l'avait supposé. Les roches stratifiées comprennent un système de grès secondaires et des roches très récentes. Les roches non stratifiées sont des diorites, amphibolites, trachytes et basaltes.

Les parties basses du sol dans le fond de la vallée du Rio-

(1) Cet alinéa et le suivant ne sont pas de M. de Boucheporn.

Chagres, comme autour de Panama, sont formés par des grès en couches inclinées, dont la stratification court généralement au N.-O. Ils sont rapportés au grès bigarré plutôt, semble-t-il, par suite de leurs caractères minéralogiques que par tout autre motif; M. Garella les avait considérés comme appartenant aux terrains de transition. Quand à l'âge de ceux du Rio-Chagres qu'il croyait moins anciens, M. de Boucheporn n'y a fait aucune allusion dans ses notes. — Dans les parties voisines de la côte, les roches beaucoup plus récentes sont à peu près horizontales. A Panama, sur l'océan Pacifique, elles renferment des fragments de trachytes et de basalte, et M. de Boucheporn les rapportait au terrain moderne. Il ne parle pas de celles qui sont situées sur le golfe du Mexique, dans les environs de Chagres, et que M. Garella considère comme tertiaires ainsi que les polypiers qui y sont intercalés à Porto-Belo; il dit seulement que ces derniers sont modernes et appartiennent à une ligne d'ancien niveau de la mer.

« Toute la haute portion du sol, tout ce qui forme la partie centrale de l'isthme dans la zone que nous considérons, est composée de roches que, pour plus de simplicité, nous pouvons nommer *volcaniques*, parce qu'elles rentrent toutes dans la classe de celles qui ont fait éruption de l'intérieur du sol et se sont élevées en montagnes isolées, irrégulières, soit en dômes arrondis, soit en cônes, plutôt qu'en forme de chaînes bien alignées. Ces roches varient entre les quatre espèces du basalte, du porphyre, du pyroxène ou amphibole en roche et du trachyte; c'est malheureusement nommer ainsi les roches les plus dures peut-être qui existent avec le quartz et le granit.

« Mais ces mêmes roches ont la propriété de se décomposer à l'air avec une assez grande rapidité (au point de vue des phénomènes géologiques), de sorte que presque partout où on les rencontre, sauf sur des pentes très escarpées, elles sont recouvertes d'une épaisseur quelquefois assez considérable de terre argileuse; c'est ce qui produit les masses d'argile qui recouvrent de si grandes portions de surface depuis Panama jusqu'à Chagres, et qui sont ordinairement colorées en rouge ou en jaune par l'oxyde de fer et souvent d'une teinte marbrée. Cette argile recouvre presque tous les monticules médiocrement élevés des environs de Panama; sur les bords de la rivière de Chagres, on la retrouve presque partout formant son lit, sur 4 à 10 mètres d'épaisseur, et souvent on peut la suivre jusqu'à la roche dure qui lui a donné naissance; j'ai vu sur la rivière de Chagres, entre Peña-Blanca et Vamos-Vamos, un escarpement de 8 à 10 mètres d'argile grisâtre encore en place et

présentant encore toutes les formes de la roche trappéenne décomposée, et les fissures polyédriques demi-régulières qui la caractérisent. Cependant il est vrai de dire que sur le bord même de la rivière, ces argiles présentent ordinairement la forme d'une véritable alluvion que les eaux ont charriée des montagnes voisines antérieurement à la formation du lit actuel de la rivière.

» La décomposition des basaltes, porphyres, amphibolites, se fait ordinairement par couches ou lames concentriques, ce qui occasionne la formation de blocs arrondis, souvent énormes, qui, dans leur chute, ont encombré tant de ravins. En quelques points, ces sortes de blocs stratifiés par les eaux de l'ancienne mer, ont formé de véritables couches, comme on peut le voir près de Varro-Colorado, sur la rivière de Chagres. Ces amas de blocs, comme les brèches volcaniques, n'ayant pu être transportés de *très loin* par les eaux, indiquent toujours le voisinage de la roche dure en place dont ils proviennent. Ces roches sont traversées de filons, dont la décomposition fournit l'or.

» Le basalte existe en grande quantité entre la Gorgona et Panama; quelquefois ce sont des phonolites, des porphyres, sur la route de Porto-Belo, et des trachytes près de la Gorgona et au Cerro-Lancon.

» Le fait dont je me suis convaincu géologiquement, c'est que l'ensemble du terrain paraît être beaucoup plus moderne que M. Garella ne l'indique dans son rapport sur un canal à travers l'isthme; j'ai reconnu le basalte sur une grande étendue, ainsi que diverses variétés de roches volcaniques s'étendant sur les grès qui forment le sol de la ville même de Panama. La baie entière paraît former un vaste cirque volcanique; toute la partie montagneuse de l'isthme, dans la zone de passage du chemin de fer, est composée de cette même sorte de roche. M. Garella nommait cela des porphyres, et il leur donnait un âge ancien; c'est une question scientifique qui est de très mince importance pour le chemin de fer; mais ce qui est d'une grande importance, c'est que les *roches basaltiques*, très abondantes dans toutes ces montagnes, sont les plus tenaces, si ce n'est les plus dures, de toutes les roches; ce sont celles qui résistent avec le plus d'opiniâtreté au marteau du géologue et au ciseau du mineur; par conséquent, ce qui est à souhaiter le moins pour les travaux du chemin, c'est que l'on ait des souterrains où de fortes tranchées à exécuter dans des roches de cette espèce. En France, le souterrain du Lioran, percé dans le Cantal, en Auvergne, à travers des roches volcaniques moins dures que le basalte, a duré plus de cinq ans à creuser, et je ne

rois pas qu'il ait plus de 1800 mètres de longueur. Le basalte, l'autre part, se décompose assez facilement à sa surface sous l'action de l'atmosphère, ce qui fait qu'on a quelquefois de la peine à le reconnaître et qu'on le confond avec des grès ou des argiles; ce qui peut tromper dans la question d'un creusement, et ce qui, en outre, peut conduire à la nécessité des voûtes. Je conclus de tout ceci que la partie montagneuse de l'isthme destinée à être traversée par le chemin de fer est *très mauvaise à traverser par des souterrains*, mais qu'elle peut être fort bonne à suivre sur sa surface, qui est généralement formée d'une croûte tendre posée sur un sol ferme.

» *Exécution du chemin de fer.* — Cela me conduit à émettre quelques vues, quelques idées qui me sont venues, depuis ces premières études, sur l'exécution et sur la direction du chemin lui-même. Il est peut-être indiscret à moi d'entrer dans un ordre de réflexions sur lequel on ne me consulte pas: mais je n'ai nullement en vue d'empiéter sur des attributions qui ne sont point les miennes, ni aucune idée d'avenir personnel sur Panama; je suis ingénieur, je ne me trouve occupé ici que sous ma propre inspiration et direction, et ayant sous mes yeux une affaire qui semble entravée, je ne puis m'empêcher de réfléchir à ce qui est où à ce qui pourrait être, enfin, aux meilleurs moyens dont on pourrait disposer des circonstances difficiles du sol, des eaux, du climat, et de tant d'autres obstacles de toute nature qui semblent réunis ici. J'ai cru devoir donner la solution qui me paraît la plus facile et la plus simple, la seule peut-être qui soit admissible dans l'état des choses.

» Les premières réflexions que je me suis faites sont celles-ci: Un chemin à travers l'isthme doit être fait *rapidement* pour profiter de l'affluence des hommes et des affaires vers la Californie, et pour recueillir suffisamment de bénéfices avant la construction d'un canal, qui se fera quelque jour en l'un des points déjà signalés à l'attention générale. Par conséquent, il ne faut pas qu'il puisse dépendre de ces ouvrages de longue durée d'exécution, que nous nous nommons en France les *ouvrages d'art*, comme les grands ponts, les souterrains, les vastes tranchées.

» La malheureuse expérience de ces derniers temps a montré que les bateaux à vapeur, dans la saison sèche, ne pouvaient remonter jusqu'à la Gorgona, et, d'autre part, l'embarcadère de Chagres étant très mauvais pour les navires, il n'y a guère de doute que la ligne, soit du chemin, soit de la navigation, ne doive aboutir à la baie du Limon. Cela étant, si l'on conservait le pas-

sage par la Gorgona, passage d'ailleurs très accidenté entre la Gorgona et Panama, et qui allonge un peu le trajet, il me paraît difficile dans ce cas, d'éviter de jeter un pont sur la rivière de Chagrès, ce qui serait un ouvrage très long, très difficile et très coûteux.

» Il m'a paru qu'il était possible de profiter du peu de navigation possible dans tous les temps, et de réaliser le chemin dans des conditions faciles, sans ouvrages d'art importants, sans souterrains, et sans remblais, ce qui est une condition importante dans ce pays où les grands remblais seraient inévitablement emportés par les eaux dans la saison des pluies. Il faudrait que le chemin pût monter par une pente continue depuis son point de départ jusqu'au point de partage des eaux, et redescendre de la même manière en serpentant le long des coteaux avec un développement suffisant, et toujours en déblai. C'est ce qui me paraît facile en faisant commencer le chemin sur la rivière de Chagres au lieu dit *Las-dos-Hermanas*, où un bateau à vapeur peut toujours arriver, apportant les chargements faits à la baie du Limon, par exemple. De là, le rail-road peut monter le long des collines de Palenquilla, passer au pied du Cerro-Gigante et du Cerro-Viejo et monter ainsi d'une manière continue jusqu'au col de Paja, élevé de 128 à 130 mètres; au sommet on pourrait faire une petite tranchée pour diminuer la hauteur totale et la réduire ainsi à 100 mètres environ; mais cela ne me paraît pas même nécessaire. De ce haut passage, le chemin peut se rendre, soit à Panama, soit à un autre point de la côte, comme la baie de Vaca-de-Monte, mais je crois que Panama est le port le plus convenable encore et le plus facile à approprier. Quoi qu'il en soit à ce sujet, je suppose que le chemin descende à Panama, je le fais alors suivre en pente douce la chaîne E.-O. de Los-Ormigueros, descendre dans le bassin du Rio-Grande et arriver à Panama, par le revers N. du Cerro-Lancon.

» Il y a, du col de Paja à Panama, 25,000 mètres au moins; en pente continue, cela donnerait moins de 5 millimètres par mètre; de l'autre côté il en serait de même. Je ne sais si je m'abuse, mais il me semble que n'ayant que trois ou quatre ponts peu considérables et une faible tranchée au point de partage, un chemin serait facilement fait en deux saisons, et avec de très faibles dépenses, eu égard du moins au pays. Les creusements et terrassements seraient très peu pénibles dans le basalte décomposé à la surface du sol, et enfin les détails du tracé pourraient, ce me semble, diminuer beaucoup de difficultés générales. »

M. Laugel présente à la Société géologique un tableau résumé de la classification du terrain jurassique, établie par M. le docteur Albert Oppel.

L'auteur de ce tableau a publié récemment (1) le résultat de recherches entreprises en Allemagne, en France et en Angleterre, dans le but de comparer les terrains jurassiques de ces diverses contrées. Ce travail a excité un vif intérêt en Allemagne et mérite d'attirer l'attention des géologues français.

M. Oppel a classé le terrain jurassique d'après les caractères paléontologiques; ses subdivisions sont plus détaillées que celles d'aucun de ses prédécesseurs. Il distingue 33 zones ou horizons géognostiques, qu'il a poursuivis dans leur étendue horizontale dans chacune des contrées qu'il a étudiées. Ces zones sont les subdivisions les plus étroites qu'on ait établies jusqu'à présent. En *analysant* ainsi en quelque sorte la formation jurassique d'Angleterre, de France et du midi de l'Allemagne, M. Oppel établit avec beaucoup de rigueur les éléments d'une classification paléontologique, où les zones se groupent pour former des étages et de grandes divisions.

L'auteur commence par décrire chaque zone particulière, puis après avoir soumis à une analyse critique les divers systèmes de classification de la formation jurassique, il établit celle à laquelle il s'est arrêté lui-même.

Nous donnons ci-après le tableau des diverses zones de M. Oppel dans l'ordre de leur succession; nous avons mis en regard de chacune d'elles un certain nombre de fossiles qui les caractérisent.

Une petite carte, qui indique l'étendue de la formation jurassique en Angleterre, en France et dans le midi de l'Allemagne a été annexée au travail de M. Oppel, dans le but spécial d'indiquer les localités citées dans le travail.

---

(1) *Die Juraformation Englands, Frankreichs und des Südwestlichen Deutschlands nach ihren einzelnen Gliedern eingetheilt und verglichen*, von Dr Albert Oppel, Stuttgart, bei Ebner und Seubert, 1856-1858. (La formation jurassique en Angleterre, en France et dans le sud-ouest de l'Allemagne, comparée et classée par le docteur Albert Oppel.)

Classification de la formation jurassique d'après les caractères paléontologiques, par le docteur Albert Oppel.

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT).	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.
		Couches de *Purbeck*.	Fossiles d'eau douce et marins. Bois cycadées. Restes de mammifères, reptiles, poissons, insectes. *Paludina, Planorbis, Melania, Physa Bristovi, Corbula alata, Hemicidaris Purbeckensis.*
JURASSIQUE SUPÉRIEUR.	KIMMÉRIDGIEN.	Zone à *Trigonia gibbosa*.	*Ammonites giganteus, A. biplex, Neritoma sinuosa, Natica elegans, Nerita angulata, Buccinum angulatum, B. naticoides, Cerithium Portlandicum, C. concavum, Astarte cuneata, A. rugosa, Trigonia gibbosa, T. incurva, Lucina Portlandica, Cardium dissimile, Mytilus pallidus, Pecten lamellosus, Ostrea Hellica, O. expansa.*
		Zone à *Pterocera Oceani*.	*Nautilus giganteus, Ammonites mutabilis, A. longispinus, Natica macrostoma, N. globosa, N. hemisphærica, Pterocera Oceani, Panopæa tellina, P. Aldouini, Pholadomya Protei, P. paucicosta, P. multicostata, P. hortulana, Ceromya excentrica, C. obovata, Thracia suprajurensis, Anatina Helvetica, Trigonia suprajurensis, Mactromya rugosa, Mactra Saussuri, Cyprina cornuta, Pinna granulata, Mytilus jurensis, M. subæquiplicatus, Exogyra virgula, E. nana, Ostrea solitaria, Terebratula subsella, Rhynchonella inconstans, Hemicidaris Thurmanni.*
		(Sub-) Zone à *Astarte supracorallina*.	*Astarte supracorallina, Hemicidaris stramonium.* Passage de nombreux genres dans la zone supérieure. Facies corallien avec *Orthostoma Virdunensis, Trochus carinellaris, Helicocryptus pusillus, Cerithium limæforme, C. septemplicatum, Emarginula Goldfussi, Trigonia hybrida, Astarte curvirostris, Pecten varians, Apiocrinus incrassatus, Goniolina.*
	N'a pas encore été constatée en Angleterre. Cette zone forme une partie de l'étage corallien de d'Orbigny.	Zone à *Diceras arietina*.	*Chemnitzia Clio, C. Cornelia, C. Clytia, Nerinea Mandelslohi, N. depressa, N. Jollyana, N. Cottaldina, N. Calypso, N. Visurgis, N. Desvoidyi, N. Mosæ, Natica grandis, N. Dejanira, Neritopsis decussata, N. cancellata, Nerita corallina, Trochus angulato-plicatus, Turbo princeps, T. substellatus, T. subfunatus, T. tegulatus, T. globatus, Ditremaria quinquecincta, D. amata, Pleurotomaria monilifer, Purpurina Moreausia, P. Lapierrea, Opis cardissoides, O. Goldfussiana, Corbis decussata, Lucina Delia, Cardium corallinum, C. septiferum, Arca rotundata, A. trisulcata, Lima Münsteriana, L. corallina, Mytilus furcatus, Pecten articulatus, Diceras arietina, Terebratula orbiculata, T. insignis, T. Repelinna, Megerlia pectunculoides, Rhynchonella pinguis.* Nombreux Echinodermes (*Apiocrinus Roissyanus*). Coraux.

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT).	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.			
JURASSIQUE SUPÉRIEUR.	OXFORDIEN (groupe d'Oxford).	Zone à *Cidaris florigemma.*	*Ammonites plicomphalus*, *Chemnitzia Heddingtonensis*, *Lucina ampliata*, *Belemnites excentralis*, *Panopæa elongata*, *Avicula expansa*, *Pecten inæquicostatus*, *Michaelensis*, *viminneus*, *lens*, *biplex*, *Cidaris florigemma*, *C. Smithi*, *C. Parandieri*, *C. coronata*, *Hemicidaris crenularis* et *intermedia*, *Pseudodiadema placenta*, *hemisphæricum*, *versiporu*, *Glypticus hieroglyphicus*, *Pygaster umbrella*, *Stomechinus perlatus*, *S. seriulis*, *S. gyratus*, *Echinobrissus scutatus*, *micraulus*, *dimidiatus*, *Millericrinus Munsterianus*, *M. Greppini* (beaucoup de coraux, quelques espèces d'Amorphozoés), *M. echinatus*, *aculeatus*, *ornatus*, *Collyrites bicordata*, *Turbo Meriani*, *Panopæa sinuosa*, *Pholadomya canaliculata*, *P. exaltata*, *P. cingulata*, *Thracia pinguis*, *Lyonsia sulcosa*, *Sowerbya crassa*, *Trigonia clavellata*, *T. spinifera*, *Pinna lanceolata*, *Mytilus Villersensis*, *Gervillia aviculoides*, *Perna mytiloides*, *Plicatula tubifera*, *Pecten intertextus*, *Hinnites spondyloides*, *Ostrea gregaria*, *Terebratula Delmontana*, *T. Bernardina*, *T. Baugieri*, *Rhynchonella Thurmanni*, *R. Arduennensis*.	Passage des espèces fossiles. Le plus grand nombre des espèces marquées ici se tient encore dans la partie supérieure du groupe oxfordien, tandis que quelques-unes paraissent déjà dans la région inférieure.	*Ammonites corsatus*, *A. perarmatus*, *A. plicatilis*, *Pecten subfibrosus*, etc., passent des parties inférieures aux parties supérieures de l'étage oxfordien.	*Gryphæa dilatata.*
		Couches à *Spongiaires, carcareous grit inférieur.*	*Belemnites unicanaliculatus*, *Ammonites tenuilobatus*, *A. canaliculatus*, *A. trimarginatus*, *A. serratus*, *A. polyplocus*, *A. polygyratus*, *A. Babeanus*, *A. Ruppelensis*, *A. platynotus*, *A. flexuosus*, *Isoarca transversa*, *Mytilus tenuistriatus*, *Terebratula nucleata*, *T. bisuffarcinata*, *Terebratulina substriata*, *Terebratella loricata*, *Megerlia pectunculus*, *Rhynchonella lacunosa*, *Dysaster carinatus*, *Eugeniacrinus nutans*, *E. cariophyllatus*, *Pentacrinus cingulatus*, *Scyphia*, *Cnemidium*.	*Spongitenfacies* (*Scyphienkalke*), *Argovien*. Marx.		
		Zone à *Ammonites biarmatus.*	*Ammonites transversarius*, *A. cristatus*, *A. oculatus*, *A. biarmatus*, *A. Eugeni*, *A. Henrici*, *A. Sutherlandiæ*, *Aptychus heteropora*, *A. Berno-jurensis* (*Lamna longidens*), *Terebratula impressa*, *Rhynchonella spinulosa*, *Pseudodiadema superbum*, *Asterias jurensis*, *Pentacrinus pentagonalis*, *Turbinolia Delmontana*. *A. cordatus*, *perarmatus* et *plicatilis*, débutent ici. *A. Lamberti*, *Mariæ*, *Lalandeanus*, meurent dans cette zone.			

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT).	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.		
JURASSIQUE SUPÉRIEUR.	CALLOVIEN. (Groupe de Kelloway.)	Zone à *Ammonites athleta.*	*Belemnites hastatus et Ammonites Lamberti*, commencent ici mais passent dans les zones suivantes. *Ammonites parallelus, A. Brighti, A. auritulus, A. sulciferus, A. Orion, A. Fraasi, A. athleta, A. annularis, A. Dunkani, A. ornatus, A. bicostatus, A. Baugieri, A. denticulatus, A. Suevicus, A. flexispinatus, Astarte undata.*	*Mecochyrus socialis, Pecten fibrosus, Posidonomia ornati.* Sauriens, restes de poissons, sepias.	*Gryphæa dilatata.*
		Zone à *Ammonites anceps.*	*Acanthoteuthis antiqua, Nautilus Calloviensis, Ammonites punctatus, A. lunula, A. Comptoni, A. curvicosta, A. anceps, A. coronatus, A. Jason, A. pustulatus, A. polygonius, A. refractus, Belemnites Calloviensis, Baculites acuarius, Pholadomya carinata, P. subdecussata, Goniomya trapezicosta, Leda Moreana, Ceromya elegans, Terebratula longiplicata, T. Sæmanni, T. pala, T. dorsoplicata, Rhynchonella Orbignyana.*		
		Zone à *Ammonites macrocephalus.*	*Belemnites subhastatus, Ammonites Calloviensis, A. Kœnighi, A. Gowerianus, A. modiolaris, A. macrocephalus, A. Herveyi, A. tumidus, A. bullatus, A. microstoma, A. funatus, A. calvus, A. Rehmanni, A. hecticus, A. funiferus, A. Grantanus, Ancyloceras Calloviensis, Pleurotomaria Cypræa, P. Cytherea, Pholadomya Würtembergica, Corbula Macneilli, Isocardia tener, Arca subtetragona, Avicula inæquivalvis, Terebratula Smithi, T. Geisingensis, T. Perieri, T. Calloviensis, T. subcanaliculata, T. Royeriana, Rhynchonella Kurri, R. spathica, R. triplicosa, R. Oppeli, Holectypus striatus.*		
JURASSIQUE MOYEN OU DOGGER.	BATHONIEN. (Groupe de Bath.)	Zone à *Terebratula lagenalis.*	*Ammonites discus, A. aspidoides (A. Württembergicus?), Chemnitzia vittata, Bulla undulata, Panopæa decurtata, P. securiformis, Goniomya proboscidea, Lyonsia peregrina, Anatina pinguis, Cypricardia rostrata, Unicardium varicosum, Lima Helvetica, Limea duplicata, Avicula echinata, Pecten vagans, P. Rypheus, Ostrea Knorri, Terebratula lagenalis, T. obovata, T. subbucculenta, T. intermedia, T. marmorea, T. diptycha, T. Fleischeri, T. Bentleyi, Rhynonchonella Morieri, R. Badensis, Pseudodiadema homostigma, Acrosatenia Wiltoni, A. hemicidaroides, Holectypus depressus, Clypeus Hugi, Collyrites analis.*		*Belemnites canaliculatus.*
		Zone à *Terebratula digona.*	*Avicula costata, Terebratula digona, T. maxillata, T. flabellum, T. coarctata, T. cardium, Terebratella hemisphærica, Rhynchonella obsoleta, Crania antiquior, Apiocrinus Parkinsoni, A. elegans, Hemicidaris Luciensis.* Il y a en outre beaucoup de gastéropodes et d'acéphales dans les parties oolitiques de l'étage, mais seulement dans quelques localités choisies.		

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT).	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.		
JURASSIQUE MOYEN OU DOGGER.	BAJOCIEN. (Groupe de Bayeux.)	Zone à *Ammonites Parkinsoni.*	*Belemnites Württembergicus, Ammonites subradiatus, A. oolithicus, A. Deslongchampsi, A. zigzag, A. Martinsi, A. Neuffensis, A. Parkinsoni, A. Garantianus, A. polymorphus, Dentalium entaloides, Purpurina Bellona, Spinigera longispina, Posidonomya Buchi, Terebratula carinata, T. Württembergica, T. Phillipsi, T. globata, T. sphæroidalis, Rhynchonella acuticosta, R. angulata, R. Stuifensis.* *Ancyloceras annulatus* et *Ammonites subfurcatus.*	*Belemnites giganteus.*	*Belemnites canaliculatus.*
		Zone à *Ammonites Humphriesianus.*	*Ammonites Blagdeni, A. Humphriesianus, A. linguiferus, A. Romani, A. Braikenridgi, Trochus moniliteclus, Pleurotomaria Palemon, Cerithium muricato-costatum, Thracia lens, Opis similis, Astarte depressa, T. signata, Mytilus cuneatus, Gervillia consobrina, Perna isognomonoides, Hinnites abjectus, Ostrea flabelloides, Terebratula Waltoni, T. omalogastyr, Cidaris Anglosuevica.*		
		Zone à *Ammonites Sausei.*	*Belemnites Gingensis, Ammonites jugosus, A. Brocchi, A. Brongniarti, A. Sausei, A. Bayleanus, A. Sowerbyi, Chemnitzia lineata, Lima alticosta.*		
		Zone à *Ammonites Murchisonæ.*	*Belemnites spinatus, Ammonites Murchisonæ, A. Staufensis, Turbo gibbosus, Panopæa æquata, Leda Deslongchampsi, Tancredia axiniformis, Quenstedtia oblita, Astarte excavata, Trigonia striata, T. tuberculata, Cardium substriatulum, Avicula elegans, Gervillia acuta, Gryphæa calceola, Ostrea calceola, Lingula Beani, Crenaster Mandelslohi.*		
		Zone à *Trigonia navis.*	*Belemnites Rhenanus, Ammonites dilucidus, Panopæa rotundata, Goniomya Knorri, Lyonsia abducta, Nucula Hammeri, Trig. similis, T. navis, Pronoe trigonellaris, Lucina plana, Cardium subtruncatum, Gervillia Hartmanni.* *Pentacrinus Württembergicus.*		*Ammonites opalinus*
		Zone à *Ammonites torulosus.*	*Astarte subtetragona.* *Belemnites Quenstedti, B. Neumarktensis, A. torulosus, A. subinsignis, Turbo capitaneus, T. subduplicatus, T. Palinurus, Purpurina subangulata, Pterocera minuta, Alaria subpunctata, Leda rostralis, L. Diana, Nucula Hausmanni, Astarte Voltzi, Trigonia pulchella, Posidonomya Suessi.* *Rhynchonella cynocephala.*		
	TOARCIEN. (Groupe de Thouars.)	Zone à *Ammonites jurensis.*	*Belemnites exilis, B. tricanaliculatus, B. longisulcatus, B. pyramidalis, Nautilus Toarcensis, Ammonites depressus, A. radians, A. costula, A. undulatus, A. Aalensis, A. Thouarsensis, A. compitus, A. Comensis, A. variabilis, A. insignis, A. sternalis, A. serrodens, A. jurensis, A. hircinus, A. Germaini, Turbo Sedgwicki, Pleurotomaria intermedia, Posidonomya orbicularis, Lima Galatea, Pentacrinus jurensis.*		

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT).	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.	
JURASSIQUE INFÉRIEUR OU LIAS.	TOARCIEN. (Groupe de Thouars.)	Zone à *Ammonites serpentinus*, ou à *Posidonomya Bronni.*	A la partie supérieure commencent : *Ammonites bifrons Belemnites irregularis* et *B. tripartitus, Pterodactylus Banthensis. Ichthyosaurus, Teleosaurus.* Poissons. *Uncina posidoniæ. Eryon Hartmanni, Tendopsis Bunnelli, Belotheuthis Bollensis, B. subcostata, Geoteuthis Bollensis. G. lata, G. sagittata, Belemnites papillatus, B. acuarius, B. incurvatus. Ammonites serpentinus, A. falcifer, A. exaratus, A. concavus. A. subcarinatus, A. heterophyllus, A striatulus, A cornucopiæ, A. anguinus, A. annulatus, A. communis, A. Holandrei, A. Braunianus, A. mucronatus. A. crassus. A. fibulatus, A. subarmatus, A. Desplacei, Chemnitzia Repeliana, Natica Palops, Pholadomya rhombifera, Solemya Voltzi, Inoceramus undulatus, I. dubius, Posidonomya Bronni, P. radiata, Trigonia litterata, Avicula substriata, Gervillia Eseri Pecten incrustatus, Pentacrinus fasciculosus, P. Bollensis. P. Quenstedti, Diademonsis Laffoni, Acrosalenia crinifera. Dans le Somersetshire et le Calvados on trouve, à la partie inférieure de la zone, une couche avec nombreux petits Brachiopodes, notamment du genre *Leptæna* (*Leptæna-bed* des Anglais). *Plicatula spinosa* meurt ici. *Algacites granulatus.*	
	PLIENSBACHIEN. (Groupe de Pliensbach.)	Zone à *Ammonites spinatus.*	*Belemnites breviformis. B crassus, Ammonites spinatus, Chemnitzia nuta, Lima Hermanni, Rhynchonella quinquepliсata, Terebratula subdigona, T. subovoides, T. punctata.*	*Pecten æquivalvis, Gryphæa cymbium, Rynchon. amaltheï.*
		Zone à *Ammonites margaritatus.* — Lits supérieurs.	*Ammonites margaritatus, A. Zetes, A. Normanianus, Belemnites compressus. B. lagenaeformis, B. paxillosus, Chemnitzia undulata, Turbo paludinæformis, Pleurotomaria rotundata, Leda acuminata, L. complanata, Cardium truncatum. Cypricardia caudata, Pinna Moorei, Pecten Philenor, Pecten sublævis, Rhynchonella scalpellum, Spirifer Tessoni, Pentacrinus lævis.*	
		Zone à *Ammonites margaritatus.* — Lits inférieurs.	*Ammonites globosus.* Première apparition de *A. margaritatus* et *A. Normanianus* avec *A fimbriatus, B umbilicatus* et quelques autres espèces des zones inférieures qui meurent ici.	
		Zone à *Ammonites Davoei.*	*Belemnites longissimus, B. umbilicatus, Ammonites fimbriatus*, etc. *Avicula sexcostata*, passent aussi dans les couches supérieures adjacentes. *Ammonites Davoei, A. capricornus, Pleurotomaria heliciformis, Tancredia broliensis, longiscata, Raulinea Inoceramus ventricosus, Palæocoma Milleri, Pentacrinus subangularis.*	*Rhynch. rimosa, Terebr. numismalis, Pentacrinus basaliformis, Belemnites elongatus et clavatus.*
		Zone à *Ammonites ibex.*	*Ammonites bipunctatus* (*A. Valdani*), *A. Maugenesti, A. Actæon, A. centaurus. A. ibex, Pholadomya Hausmanni, Cypricardia cucullata, Mytilus scalprum, M. hyppocampus.*	
		Zone à *Ammonites Jamesoni.*	*Ammonites Jamesoni, A. brevispina, A. pettos, A Zieteni, A. Masseanus, A. Lynx, A. arietiformis, A. Taylori, A. submuticus, Mytilus numismalis, Pinna folium, Astarte arealis, Opis carussensis, Pholadomya decorata, Rhynchonella Thalia, Spirifer Münsteri.*	*Gryphæa obliqua.*

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT)	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.		
JURASSIQUE INFÉRIEUR OU LIAS.	SINÉMURIEN. (Groupe de Sémur.)	Zone à *Ammonites raricostatus.*	*Ammonites raricostatus, A. densinodus, A. subplanicosta, A. muticus, Anomia liasina, Pentacrinus scalaris.*	*Belemnites acutus.*	*Gryphæa obliqua.*
		Zone à *Ammonites oxynotus.*	*Ammonites oxynotus, A. bifer, A. lacunatus, Mytilus minimus, Leda Romani, Plicatula ventricosa, Rhynchonella oxynoti, Lingula Davidsoni.*		
		Zone à *Ammonites obtusus.*	*Ammonites obtusus, A. Brooki, A. stellaris, A. Ziphus, A. Dudressieri, A. planicosta, Panopæa crassa, Pholadomya Fraasi, Cardinia hybrida, Terebratula Causoniana, T. Sinemuriensis.*		
		Zone à *Pentacrinus tuberculatus.*	*Pentacrinus tuberculatus.* Schistes avec poissons et reptiles. *Belemnites acutus, Ammonites Birchi* et *A. planicosta*, apparaissent pour la première fois. *Ammonites geometricus, A. Bodleyi, A. Sauzeanus, A. lævigatus, A. Scipionianus, A. Turneri, Gervillia lanceolata, Inoceramus Faberi, Diademopsis Quenstedti.* A la limite inférieure de la zone se trouvent : *Ammonites Gmündensis, A. bisulcatus, A. Hartmanni.*	*Lima succincta, Nautilus striatus, Ammonites bisulcatus, Pinna Hartmanni, Gryphæa arcuata, Spirifer Walliotti, Lima gigantea, Panopæa liasina.*	
		Zone à *Ammonites Bucklandi.*	*Avicula Sinemuriensis, Pecten textorius* et *Rhynchonella variabilis*, passent aussi dans des couches plus élevées. *Ammonites Bucklandi, A. obliquecostatus, A. Conybeari, A. rotiformis, A. Sinemuriensis, A. Kridion, Pleurotomaria similis, Pholadomya glabra, Mytilus decoratus.*		
		Zone à *Ammonites angulatus.*	A la partie supérieure de la zone commencent les Ammonites de la familles de Ariètes. *Cypris liasica, Ammonites angulatus, Chemnitzia Zenkeni, C. solidula, Acteonina fragilis, Littorina clathrata, Natico subangulata, N. planulata, N. subobtusa, N. Terquemi, Nerita liasina, Turbo Philemon, Pleurotomaria polita, Cerithium subturritella, C. conforme, Dentalium Andleri, Panopæa Galatea, Leda Renevieri, Tancredia securiformis, Astarte Gueuxi, Cardinia concinna, C. crassiuscula, C. elongata, Cardium Phillipianum, Cardita Heberti, Mytilus nitidulus, M. Hillanus, M. Morrisi, Arca pulla, Lima pectinoides, L. inæquistriata, L. tuberculata, Perna Gueuxi, P. Hagenowi, Spondylus liasinus, Plicatula Hettangiensis, Ostrea sublamellosa, Asterias lumbricalis, Pentacrinus angulatus, Montlivaltia Haimei.*		
		Zone à *Ammonites planorbis.*	*Ammonites planorbis* (avec son Aptychus), *Ammonites Johnstoni, Avicula Kurri, Pecten Trigeri.*		

DIVISION.	ÉTAGE.	ZONE (ASSISE, COUCHE, LIT).	FOSSILES CARACTÉRISTIQUES DES DIVERSES ZONES.
KEUPER.		(Bonebed) Zone à *Avicula contorta.*	*Microlestes antiquus*, *Pterodactylus*, *Nothosaurus*, *Termatosaurus*, *Gyrolepis tenuistriatus*. *Saurichthys acuminatus*, *Sphærodus minimus*, *Sargodon tomicus*, *Ceratodus trapezoides*, *Acrodus minimus*, *A. acutus*, *Thectodus glaber*, *Nemacanthus monilifer*, *Hybodus cuspidatus*, *H. sublævis* Beaucoup de Koprolithes, fragments d'ossements, etc. *Anatina præcursor*. *A. Suessi*, *Cypricardia Suevica*, *Leda Deffneri*, *Cardium Rhæticum*, *C. cloacinum*, *Neoschizodus posterus*, *Schizodus cloacinus*, *Mytilus minutus*, *Gervillia præcursor*, *Avicula contorta*, *Pecten Valoniensis* (*Pecten acutiauritus*).
		Marnes irisées. Keupermergel	

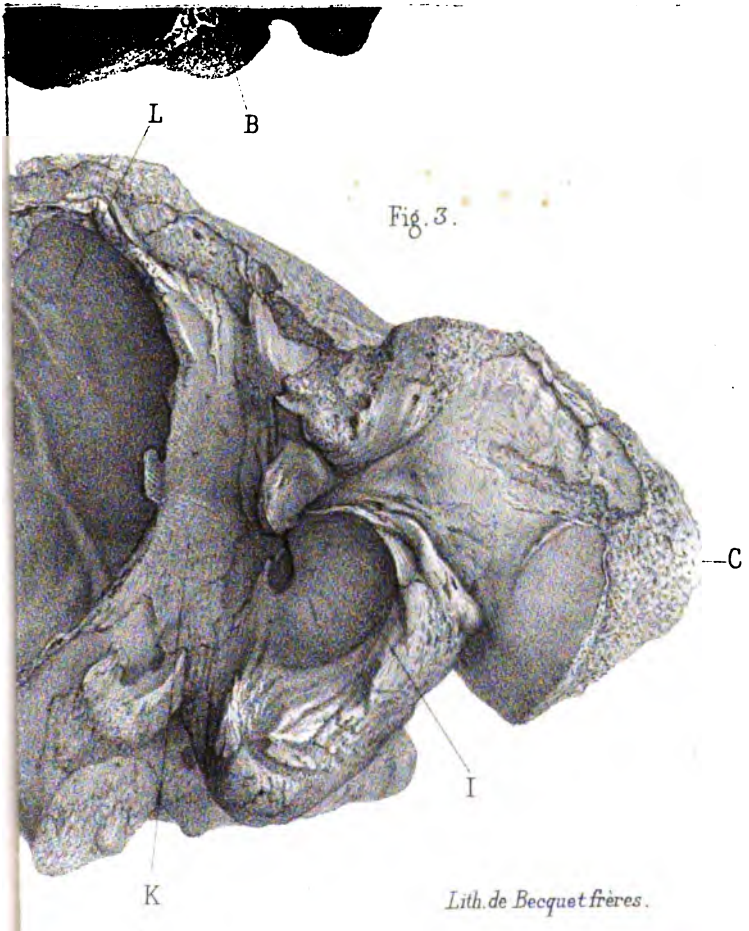


Fig. 3.

Lith. de Becquet frères.

RÉUNION EXTRAORDINAIRE

A NEVERS (NIÈVRE),

Du 1er au 8 septembre 1858.

Les membres de la Société géologique qui ont assisté à cette réunion sont :

MM.

BERTHAUD,
BERTRAND-GESLIN (le baron),
CHOULOT (le comte),
DELESSE,
DÉSOUDIN,
DUMORTIER,
ÉBRAY,
FÉRY,
GILLOT,
HAGUETTE,
HÉBERT,
JANNETTAZ,

MM.

JAUBERT (le comte),
JOURDAN,
LAURENT (Charles),
LECOQ,
LORY,
MARÈS (Paul),
MICHELIN,
ROUVILLE (Paul DE),
SCHŒNEFELD (W. DE),
THIOLLIÈRE,
TROCHEREAU.

Ont assisté aux séances et aux courses, en qualité de membres étrangers :

MM.

ANGLURE (D');
BERTIN, ex-pharmacien, de Nevers;
BORNET, ancien chef des travaux aux forges du Guétin;
BIZY (DE), maire de Périgny (Nièvre);
CHARONNET, sous-lieutenant au 2e de ligne;
CHOL (l'abbé), professeur au Séminaire de Saint-Sulpice, à Paris;

MM.

CROUZET, professeur d'histoire au Collége de Nevers;
DOCQ, professeur de l'Université de Louvain;
FLOURENS (G.) fils;
DELAVILLE, directeur des forges d'Imphy;
LEBOURIER père;
LEBOURIER fils;
LOCHE, élève de l'École polytechnique;

MM.

Marais, élève du lycée Louis-le-Grand;
Meulé, instituteur à Fourchambault;
Meynier, élève interne des hôpitaux, à Paris;

MM.

Peyridieu, professeur de physique au Collége de Nevers;
Saglio, directeur de l'usine de Fourchambault;
Valland, employé à Imphy.

Séance du mercredi 1er septembre 1858,

A NEVERS.

PRÉSIDENCE DE M. HÉBERT, *vice-président.*

Le 1er septembre, à huit heures du soir, les membres présents se sont réunis dans une salle de la préfecture que M. le préfet de la Nièvre a bien voulu mettre à la disposition de la Société durant sa session à Nevers.

M. Hébert, vice-président de la Société géologique, occupe le fauteuil de la présidence; il expose en quelques mots l'objet de la géologie, ses applications, la mission de la Société géologique, le but qu'elle poursuit dans ses réunions extraordinaires annuelles.

Il invite les membres de la Société à procéder à la nomination du Bureau pour la session extraordinaire de 1858.

Sont nommés membres du Bureau :

Président : M. Thiollière.
Vice-Président : M. Gillot.
Secrétaire : M. Ébray.
Vice-Secrétaire : M. Paul de Rouville.

Après l'installation du Bureau, M. Thiollière, prenant la parole, remercie la Société de l'honneur qu'elle lui fait en le nommant pour Président pour la session extraordinaire de Nevers.

MM. Guillemin et Ch. Sainte-Claire Deville écrivent à M. le Président pour présenter, à titre de membre de la Société,

M. Borissak, professeur de minéralogie et de géologie à l'Université de Kharkov (Russie).

M. le comte Jaubert lit une note, dont teneur suit, ayant pour objet d'appeler l'attention de la Société sur les forges et usines si importantes de la Nièvre, et en particulier sur les exploitations de la Société Boigues, Rambourg et Ce, pour l'examen desquelles M. le comte Jaubert offre son concours à la Société.

La Société géologique, en désignant cette année la ville de Nevers comme centre de ses explorations, nous a présenté un cadre d'étude plein de variété et d'intérêt : il suffit pour s'en convaincre de consulter la notice annexée à la circulaire de M. le Président ; en effet, ce document, à l'exception des terrains volcaniques de l'Auvergne, encore assez voisins, embrasse la série presque entière des formations géologiques.

La Société a droit de compter sur le concours de ceux de ses membres qui habitent la contrée ; et pour ma part je me mets à sa disposition, particulièrement en ce qui concerne les exploitations et usines de la Société Boigues, Rambourg et Ce, situées dans les trois départements du Cher, de la Nièvre et de l'Allier. La principale usine est celle de Fourchambault, à 8 kilomètres au nord de Nevers. Les noms inscrits dans la raison sociale sont ceux de deux hommes éminents, aujourd'hui représentés par leurs familles. L'un, feu M. Boigues, député de la Nièvre, a été, avec le concours de MM. Dufaud père et fils, l'un des premiers introducteurs en France de la fabrication du fer par la méthode anglaise, et en 1820 il a fondé Fourchambault sur la rive droite, alors déserte, de la Loire, aujourd'hui peuplée de plus de 6000 âmes. L'autre, feu M. Rambourg, fut créateur, avant 1789, des usines de la forêt de Tronçais et devint le premier concessionnaire des mines de houille de Commentry.

Le tableau suivant contient la nomenclature des usines dont la société Boigues-Rambourg est propriétaire ou locataire : elles sont classées par départements et d'après le genre de leur alimentation actuelle en combustible, soit végétal, soit minéral.

			Au bois.	Au coke.	Mélanges des combustibles végétal et minéral.
20 Hauts fourneaux.	Dans le Cher.	Grossouvre. .	1		
		La Guerche.	1	1	
		Le Chautay. .	1		
		Torteron. . .		de diverses provenances.	 3
		Feuillarde. .			 9
	Nièvre. .	La Pique. . .		1	
		Charbonnière	1		
		? Azy.	1		
		Parenche. . .	1		
		Tabourneau..	1		
	Allier. .	—Montluçon. .		7 de Commentry.	
			7	9	4
			Total. . . . 20.		

En outre, les fonderies de Fourchambault, Torteron et Feuillarde sont pourvues d'un certain nombre de fours à manche ou cubilots.

Forges.	Grandes forges.	Fourchambault (Nièvre). .	Au bois pour les feux d'affinerie, à la houille pour les autres.
		Imphy (Nièvre).	
		Montluçon (Allier) (projetée).	
	Forges sur cours d'eau, fabriquant du fer marchand ou des lopins pour Fourchambault et Imphy. . .	Grossouvre et Trézy (Cher).	Employant des fontes au bois.
		Le Fournay (Cher).	
		Aubigny (Cher)	
		Barlot, près Charbonnière (Nièvre).	
	Aciéries (fabrication de l'acier dit *à terre*).	La Vernière (Nièvre). . . .	Employant du fer mazé (des fontes au bois).
		Pinet, près Tabourneau (Nièvre).	
		Parenche (Nièvre).	

Je vais passer rapidement en revue les substances minérales employées et indiquer leurs principaux gisements.

Minerais de fer. — La majeure partie des minerais provient, selon l'opinion généralement reçue parmi les géologues, de l'étage moyen du terrain tertiaire : cet étage est composé, dans le département du Cher, de deux assises plus ou moins régulières, la supérieure formée de calcaire d'eau douce, l'autre d'argiles le plus souvent jaunâtres ou rougeâtres, mélangées de masses calcaires, et contenant parfois du plâtre; la carte géologique du Cher par M. Bertera indique de nombreux gisements. Ce sont des minerais dits d'alluvion, en grains de peroxyde de fer ou hématite brune, donnant les excellents fers du Berry et du Nivernais : leur teneur moyenne en fer est de 30 à 35 pour 100. Les principaux groupes exploités par la société Boigues, Rambourg et Cᵉ sont ceux

dits de l'Aubois, dans les vallons et petits bassins affluents de cette rivière, mais exclusivement sur sa rive gauche, de Sancergues, des environs de Dun-le-Roi et des environs de Bourges. De temps immémorial et jusqu'à ces dernières années, l'exploitation s'opérait partout par découvert des argiles de la superficie, ou par puits foncés de distance en distance à une faible profondeur, d'où les ouvriers poussaient dans diverses directions des chambres ou de très courtes galeries, procédés barbares livrés à l'instinct des ouvriers qui étaient uniquement déterminés par leur intérêt du moment. Il en résultait un bouleversement hideux de la surface : plus de la moitié de la richesse minérale était ainsi négligée ou compromise pour l'avenir. Les moyens de lavage étaient à l'avenant. De meilleures méthodes sont pratiquées depuis quelque temps dans le groupe des minerais de l'Aubois, et la Société géologique pourra y visiter de véritables mines, avec de longues galeries régulières, bien boisées, pourvues de machines d'épuisement et d'extraction, des patouillets bien organisés, etc. L'habile chef de ces travaux, M. Beau, ancien élève de l'École des mines, se propose d'en parler à la Société avec plus de détails, et de lui soumettre les idées que son expérience lui a suggérées sur les allures de ces minerais, leurs rapports avec le terrain encaissant et les formations voisines; enfin ses conjectures sur le mode de leur formation et leur âge géologique

Dans la Nièvre, nous exploitons encore les minerais tertiaires des environs de Charbonnière, de Saint-Ouen sur la route de Nevers à Decize, de Chevreau près de Cosne. Les minerais tertiaires entrent pour 9/10 dans l'approvisionnement de nos hauts fourneaux.

Parmi les substances minérales qui se trouvent mélangées à ces minerais, il faut noter, dans ceux de l'Aubois et de Sancergues, qui ont été le mieux étudiés : 1° le manganèse, dans la proportion de 1 à 15 pour 100, 2° le sulfate de chaux, souvent lamellaire, blanc, translucide. Un échantillon de cette espèce, provenant de Sargues près Torteron, et qui fait partie de ma collection, est remarquable par des grains parfaitement arrondis de minerais qui y sont comme enchâssés ; 3° le zinc, d'une manière sans doute accidentelle, car nos essais de minerais n'avaient pas signalé la présence de ce métal ; ce qui est certain, c'est que parfois le zinc s'est amassé, par voie de sublimation, en cadmies sur la paroi supérieure du haut-fourneau près du gueulard ; le charbon de bois de la charge en était alors comme imprégné; cela est arrivé notamment au fourneau du Chautay.

La seconde sorte de minerais, exploitée selon l'ancienne méthode du pays, appartient au terrain crétacé. On la trouve dans toute la bande des sables ferrugineux, faisant partie de l'enceinte du bassin de Paris, et qui s'étend depuis Vierzon jusqu'en Bourgogne. Les gisements d'où nous en tirons sont : ceux de Bouhy entre Saint-Amand (Nièvre) et Entrains, ceux des environs de Sancerre, Sury-en-Vaux, Sainte-Gemme, généralement disposés par amas ; les uns sont compactes, à surface mate, les autres sont d'une texture cellulaire et comme scoriacée ; tous sont moins riches que les minerais dits d'alluvion, et trop souvent phosphoreux : aussi la proportion d'après laquelle on les admet dans les fourneaux est-elle assez faible.

Le terrain jurassique fournit une troisième sorte de minerais, dans la Nièvre à Sangué (aux environs de Prémery), en grains très fins. Dans le Cher, à la Jalotterie près de Grossouvre, sur la limite de l'oolithe inférieure et des argiles à chailles de l'étage moyen, on trouve une roche à pâte calcaire jaunâtre, relevée d'une multitude de très petits grains de fer hydraté, d'ailleurs semblables à ceux des minerais dits d'alluvion. On a renoncé à leur exploitation à cause de leur médiocre qualité.

Les minerais exploités aux environs des sources thermales de Bourbon-Lancy (Saône-et-Loire), Saint-Aubin, etc., gisent non en couches, mais en amas plus ou moins réguliers, dans des terrains que la nature générale des calcaires, les alternances nombreuses de ceux-ci avec des argiles et des marnes calcaires, ont fait rapporter à la formation jurassique, mais qui sont profondément métamorphisés et relevés sans doute par suite de l'apparition des porphyres quartzifères du voisinage. Ce sont des minerais tantôt fins, noirs ou bruns terreux, ou agglutinés, tantôt des hématites en roches rougeâtres ou jaunâtres : leur teneur en fer est d'environ 30 pour 100.

Dans le terrain des porphyres quartzifères eux-mêmes, sur différents points du Morvan, au sud à Champ-Robert notamment et lieux circonvoisins, au centre à Arleuf et à Château-Chinon, on exploite une hématite brune, quelquefois cristallisée, le plus souvent argileuse, très chargée de silice, quelquefois d'une texture en réseau analogue à la meulière. Ce minerai se présente comme un remplissage de fentes dans les roches d'origine ignée dont la chaîne est formée. Il paraît provenir de la décomposition des pyrites, par suite de l'introduction de l'eau dans les fissures du sol, ce que les mineurs expriment en disant que partout où l'eau gêne l'exploitation, on ne trouve pas de soufre. Beaucoup de frag-

ments de minerai contiennent encore des noyaux plus ou moins volumineux de pyrite. Après tout, ce minerai, peu riche en fer à Champ-Robert, un peu plus à Arleuf, ne peut, d'après l'ensemble de sa composition, donner qu'une fonte de médiocre qualité : on y a renoncé.

Castines. — Les calcaires qui servent de castine dans les hauts fourneaux sont extraits sur beaucoup de points dans le voisinage des usines. Comme la majeure partie des minerais dits d'alluvion ne laissent pas que de contenir une certaine quantité de silice, on augmenterait le désavantage qu'ils présentent sous ce rapport, si l'on n'avait pas soin d'éviter l'emploi des castines où cette substance se rencontrerait d'une manière notable.

Le terrain tertiaire moyen de nos contrées fournit de la castine au fourneau de Charbonnière, à celui de Tabourneau : les carrières sont rapprochées des usines.

Le terrain jurassique fournit tout le reste de l'approvisionnement des fourneaux ; on y mélange dans diverses proportions les calcaires tendres marneux de l'oolithe moyenne donnant des chaux maigres, et les calcaires durs de l'oolithe inférieure donnant des chaux grasses. Les derniers contiennent généralement de 0,50 à 0,60 de chaux et très peu d'argile, au plus 0,06. M. Bertera cite l'analyse suivante du calcaire de la Grenouille : carbonate de chaux, 0,95 ; résidu argileux et ferrugineux, 0,05.

Les principales exploitations de castine du terrain jurassique que la Société pourrait visiter sont, pour l'oolithe moyenne, les carrières de Torteron ; pour l'oolithe inférieure, celles de Fourchambault, du Guétin, de la Grenouille, ces deux dernières intéressantes aussi sous d'autres rapports.

Les fourneaux de Montluçon tirent toute leur castine des vastes carrières de la Coterelle à Saint-Amand (Cher), avoisinant le canal du Berry, et qui sont ouvertes dans les calcaires compactes, rosés, à cassure conchoïde, reposant directement sur les grès des marnes irisées, et que M. Bertera rapporte au groupe du lias.

Houille. — Les usines de Fourchambault, dans la première période de leur existence, consommaient presque exclusivement les houilles grasses de Saint-Étienne, demi-grasses des bassins de Decize (Nièvre), de Brassac (Haute-Loire), et les houilles maigres de Blanzy et de Monchanin, sur le canal du Centre. Le coke employé dans les hauts-fourneaux de la vallée de l'Aubois provenait exclusivement de Saint-Étienne ; mais, depuis que les houillères de Commentry appartiennent à la société, elles fournissent dans une large proportion à ses besoins, tant en houille demi-grasse

pour les forges qu'en coke fabriqué pour ainsi dire à pied d'œuvre des hauts-fourneaux. Les divers gisements que je viens d'énumérer sont trop connus pour que je m'y arrête ici.

Argiles réfractaires et sables. — Les meilleures briques pour la construction des fours et le revêtement intérieur des hauts-fourneaux nous viennent du Montet, près Blanzy; celles de Genelard, d'une localité voisine du Montet, sont moins bonnes. On en tire aussi de Givors (Rhône), de Toury-sur-Abron, de Saint-Pierre-le-Moûtier et de Saint-Aubin près Guérigny (Nièvre), de Lurcy-Lévy (Allier), localité où la fabrication de la porcelaine commune a pris un certain développement, de Langeais (Indre-et-Loire).

Les terres dont on fait usage à la forge de Fourchambault pour les ciments réfractaires sont celles de Parenche, dans le voisinage du haut-fourneau de ce nom. En fait de sables pour le même usage, ceux de Genelard sont estimés. Decize en fournit aussi, mais de moins purs. Nous en avons tiré aussi des environs de Clamecy.

Les sables de moulage d'un emploi avantageux se trouvent abondamment dans le voisinage des diverses fonderies pour Torteron et Feuillarde, à Torteron même, à Menetou et Fontmorigny, pour la Guerche à Saint-Aignan près le Gravier, etc. Ils appartiennent au terrain que M. Bertera a désigné sous les noms de sables tertiaires supérieurs ou alluvions anciennes.

Pierres d'ouvrage. — Les creusets des hauts-fourneaux sont généralement formés de grès du terrain triasique, provenant de Coulandon, auprès de Bourbon-l'Archambault (Allier).

Faits divers. — Un sondage de 200 mètres de profondeur a été exécuté en 1842, près de Decize, par M. Sauvage, d'après l'ordre donné par l'administration des mines. Je dépose sur le bureau une notice et une coupe relatives à cette opération.

Un autre sondage, près de la limite ouest de la concession de Decize, a été entrepris pour le compte de MM. Pereire et Mony; il vous en sera donné connaissance par M. Delaville-Leroux, ancien élève de l'École des mines, directeur de l'usine d'Imphy.

Les eaux minérales de Pougues (Nièvre) près Fourchambault, apparaissent à la surface dans les argiles à chailles du terrain jurassique, et sont remarquables par un dégagement assez abondant d'acide carbonique. L'eau de la plupart des puits, atteignant le lias à Fourchambault et dans le voisinage, participe aux mêmes qualités; aussi la société qui exploite l'établissement de Pougues a-t-elle sollicité une extension du périmètre de sa con-

cession du côté de Fourchambault. Cette demande est contestée par les diverses communes qu'elle concerne.

Tels sont, dans le cercle d'activité de la société Boigues, Rambourg et Ce, les principaux objets sur lesquels je me suis fait un devoir d'appeler sommairement l'attention de la Société, en la mettant à portée de les faire entrer, selon la mesure qui lui conviendra, dans le programme de ses explorations.

M. le comte Jaubert dépose sur le bureau divers documents, parmi lesquels se trouve le mémoire suivant de M. l'ingénieur Beau, sur les minerais de fer de l'Aubois.

Note géologique sur les minerais de fer de l'Aubois (département du Cher), par M. E. Beau.

Depuis quelques années, le développement des minières de la vallée de l'Aubois, exploitées par la société Boigues, Rambourg et Ce, a permis d'observer de grandes étendues du gisement de minerai de fer, et de recueillir des renseignements géologiques beaucoup plus précis que ceux fournis par les anciennes exploitations.

Ce sont ces renseignements, fournis principalement par les exploitations régulières de la société, que nous avons condensés dans cette note et que nous soumettons à l'appréciation des géologues.

Nous indiquerons d'abord sommairement la position du bassin minier de l'Aubois.

Ce bassin a la forme d'une ellipse dont le grand axe passerait par Mennetout, par Couture et par la Guerche.

Sa longueur est de 12 kilomètres environ, et sa plus grande largeur de 5 kilomètres. Il est situé à l'ouest de la rivière de l'Aubois, à peu de distance de cette rivière, et sa direction générale est suivant une ligne sensiblement N.-S.

La constitution géologique de ce bassin est la suivante :

A la base se trouve :

1° Un calcaire bleu, compacte et argileux ;

2° Un calcaire blanc, argileux (castine du pays).

Ces deux terrains paraissent appartenir au calcaire marneux de l'étage oolithique moyen.

Puis viennent se superposer :

3° Un calcaire blanc dur;

4° *Le minerai de fer.*

5° Un calcaire blanc dur.

6° Un calcaire jaune avec alternances d'argiles.

7° Un calcaire blanc dur.

Ces cinq derniers terrains appartiennent aux terrains tertiaires.

L'étude des formations du bassin de l'Aubois nous a démontré que plusieurs phénomènes importants étaient venus les modifier.

Ces phénomènes paraissent être, soit des soulèvements, soit des affaissements de terrains, soit des érosions ou des remaniements produits par l'action de grands courants d'eau.

Nous exposerons nos observations à cet égard, en étudiant spécialement le minerai de fer, qui est notre objet principal.

Le minerai de fer existe dans toute l'étendue du bassin que nous avons désigné plus haut, et il y forme une suite assez continue. Cependant il ne faudrait pas s'attendre à trouver le minerai en couches régulières et puissantes, comme les couches de houille. Loin de là : tantôt le dépôt de mine est puissant (de 2 à 5 mètres), tantôt il est mince (de moins d'un mètre), d'autres fois il disparaît complétement. En outre, l'inclinaison du toit et du mur des gisements est des plus variables. Toutefois, nous avons pu constater qu'il existe une loi générale pour la direction et l'inclinaison des gisements. Ainsi nous avons reconnu, dans un grand nombre d'exploitations et au moyen de sondages très multipliés, que la direction générale du bassin est sensiblement N.-S., et les inclinaisons tantôt de l'E. à l'O., tantôt de l'O. à l'E.

Nous avons pu observer, en suivant la limite ouest du bassin, que l'inclinaison des gisements (plongeant vers l'E.) est beaucoup plus rapide que celle des gisements situés dans la limite E. (plongeant vers l'O.).

Ces deux limites ont des caractères essentiellement différents.

Les gisements situés à l'O. forment des affleurements dans les localités dont les noms suivent :

Éguilly, Beaurenard, Andres, le Grand-Chapelet, Martoux, et paraissent avoir été modifiés par la faille N.-S., signalée par MM. Boulanger et Bertera dans la carte géologique du Cher. Nous pensons que la faille a dû relever dans son voisinage toutes les couches des terrains que nous avons indiqués plus haut comme formant le bassin de l'Aubois.

Les faits suivants semblent le prouver. D'abord les terrains inférieurs au minerai de fer et le minerai de fer même, que nous trouvons à peu de distance de la faille en couches sensiblement horizontales, se relèvent tout d'un coup en approchant d'elle, et présentent des inclinaisons considérables qui dépassent souvent

45 degrés. Puis les terrains lacustres supérieurs au minerai de fer présentent dans les affleurements des traces profondes d'arrachements, de froissements et de dislocations; ils ont une inclinaison semblable à celle des terrains inférieurs.

Il s'ensuivrait donc, et c'est ce que nous n'osons affirmer de nous-même, que la faille N.-S. aurait été produite par un phénomène postérieur à la formation des terrains lacustres.

Si nous suivons la limite est du bassin, en passant par les localités suivantes : le bois Minon, la Raquinerie, la Maréchauderie, le Girardet, le bois de Loumas et Mauregard, nous trouvons des affleurements qui présentent une inclinaison faible de 1 à 6 centimètres par mètre qui persiste très loin dans les gisements en avançant vers l'O.

Nous remarquons de ce côté des modifications superficielles assez importantes que nous ne pouvons attribuer qu'à l'action de grands courants d'eau.

C'est ainsi que le minerai que nous connaissons au bois Minon, par exemple, sous forme de dépôts continus assez réguliers comme épaisseur et comme inclinaison, change d'allure dans le voisinage de la surface, et se présente en petites poches irrégulières recouvertes de sables, lesquels ont changé la composition minéralogique du minerai en se mélangeant avec lui. Dans certains endroits, ces poches se trouvent situées au-dessus du gisement régulier, à une distance variable, de façon à former ce que les mineurs du pays appellent ordinairement *deux minages*.

La différence de composition minéralogique du minerai en place dans ces deux sortes de gisements mérite d'être signalée.

Le minerai du gisement régulier *ou de fond* se compose de grains de mine empâtés dans une argile très grasse, ordinairement grise ou jaune, et accompagnés fréquemment de calcaire intimement mélangé, tandis que les minerais superficiels sont accompagnés d'une gangue formée de sables siliceux et calcaires mélangés d'une faible proportion d'argile. Ces minerais sont ordinairement rouges, par suite de la présence d'une certaine proportion d'argile ocreuse colorant la surface des grains de mine.

Cette différence de composition surtout nous porte à admettre que les mines en poches irrégulières et superficielles proviennent de la destruction et du remaniement des gisements primitifs, par l'action des mêmes courants d'eau qui ont déposé les sables argileux et siliceux connus à la Guerche, au Chautay et à Torteron, le long de la vallée de l'Aubois, et paraissant appartenir aux sables supérieurs des terrains tertiaires.

Si nous examinons maintenant en détail les gisements eux-mêmes, nous observons différentes allures qui nous permettent de classer les minerais en trois catégories principales :

1° Les mines grasses ;

2° Les mines rocheuses ;

3° Les mines mouvantes.

Les mines grasses sont formées de grains de mine empâtés dans une argile compacte, grise ou bleuâtre, sans aucune autre matière étrangère.

Les mines rocheuses sont un mélange indéterminé de grains de mine, de matières calcaires et de matières argileuses.

Enfin les mines mouvantes sont principalement composées de grains de mine accompagnés de sables fins et d'argile, mais l'argile y est ordinairement en si faible proportion qu'elle ne suffit pas pour agglomérer les grains de mine, et empêcher le passage de l'eau, qui filtre très facilement au travers de ces mines.

Nous avons déjà dit que les gisements étaient assez continus et présentaient une allure soumise à des lois générales ; il nous reste à indiquer les modifications de détail qui correspondent aux différentes natures de minerais, et aux phénomènes géologiques contemporains et postérieurs au dépôt du minerai.

En premier lieu, nous connaissons dans plusieurs de nos exploitations des horizons dans lesquels le minerai présente peu de variations dans son inclinaison, dans sa puissance et dans sa nature.

Les minerais de ces gisements se rapportent le plus souvent aux mines rocheuses ou aux mines grasses, et paraissent être restés tels que lors de leur dépôt.

En second lieu, nous trouvons des horizons formés d'amas de minerai d'une épaisseur plus ou moins considérable, atteignant quelquefois 10 mètres, et reliés entre eux par des filons très peu puissants ou même séparés complétement les uns des autres.

Leur sommet présente toujours une ligne de faîte comme un toit de maison. Le minerai qu'ils renferment se rapporte aux mines grasses.

Ces amas paraissent avoir été formés par le remplissage de grands vides laissés entre d'énormes blocs calcaires, provenant, selon nous, de la dislocation des terrains lacustres par la faille N.-S.

Le remplissage s'expliquerait par la compression de la mine argileuse formant une matière relativement malléable, et l'on concevrait comment le minerai de ces gisements se trouve ordinairement très pur, la compression ayant produit très probablement une filtration de la mine en la séparant des parties calcaires.

Enfin, en troisièn et dernier lieu, nous citerons des gisements se présentant soit , grandes épaisseurs, soit en filets très minces et ne formant pas d'horizons très étendus. Ils paraissent produits par des accumulations et par des érosions irrégulières.

Les minerais de ces gisements se rattachent aux mines mouvantes; ils ont l'aspect de sables déposés par les eaux courantes. Les coupes produites par le travail des mineurs mettent parfaitement en évidence le mode de dépôt successif de ces minerais.

Nous attribuons cette allure à l'action de courants d'eau, contemporains du dépôt du minerai, qui auront charrié des mines, et les auront déposées après les avoir dépouillées d'une grande partie de leur argile.

Il existe encore un fait général sur lequel nous avons besoin d'attirer l'attention des géologues, parce qu'il a eu jusqu'ici une influence fâcheuse sur la marche des exploitations minières en les rendant très difficiles, et parce qu'il a souvent contribué, selon nous, à fausser les idées sur la véritable nature du dépôt de minerai de fer.

Nous voulons parler des interruptions formées dans les gisements de minerai par les barrages de roc calcaire. Ces barrages sont de même nature que le toit et le mur des gisements, et à tel point qu'il est impossible de distinguer dans leur structure le point de jonction des deux terrains. Leur forme présente différents aspects au moment où on les rencontre : tantôt ils paraissent provenir des terrains supérieurs qui auraient plongé en s'appuyant sur un talus de mine, tantôt au contraire le terrain inférieur paraît s'être relevé et avoir formé un talus sur lequel repose la mine. Il est rare de trouver des barrages verticaux.

L'examen d'un grand nombre de ces barrages nous a conduit à admettre que ceux du terrain supérieur proviennent d'un dépôt de calcaire formé dans des endroits où les courants contemporains du minerai l'ont enlevé complétement et ont mis à nu le calcaire inférieur, tandis que les barrages du terrain inférieur proviendraient de l'érosion de ce terrain avant le dépôt de la mine.

Il nous reste à expliquer comment la ligne de jonction des deux terrains a pu devenir insensible; mais, avant de chercher à le faire, nous devons relater un fait important : la présence fréquente de calcaire blanc semblable au terrain lacustre supérieur, sous le minerai, et entre celui-ci et le calcaire marneux.

Il semblerait que la formation du minerai a été précédée et suivie d'un dépôt de calcaire lacustre blanc de même nature.

De là proviendrait cette jonction si intime et cette soudure si

parfaite qu'on ne peut distinguer dans un barrage le point où le terrain supérieur s'est soudé au terrain inférieur.

La formation du minerai de fer est donc contemporaine de celle du calcaire blanc lacustre.

Nous terminerons cette note en soumettant le résumé suivant à l'examen de la Société géologique :

1° Les gisements de minerai de fer de l'Aubois forment un bassin complet et bien défini, ayant deux lignes d'affleurement sensiblement parallèles et orientées N.-S.

2° La couche de minerai qui forme les gisements se présente suivant deux pentes qui se réunissent de manière à former un fond de bateau entre les lignes d'affleurements.

3° La pente de cette couche, qui est assez faible du côté E., est au contraire très considérable du côté O., dans le voisinage de la faille N.-S. Ce phénomène, joint aux irrégularités constatées sur toute la ligne O., paraît démontrer que la faille est postérieure au dépôt du minerai et des terrains lacustres qui le recouvrent.

4° Les barrages calcaires qui se trouvent dans les gisements proviennent de l'action de courants d'eau contemporains de la mine et des calcaires supérieurs. Ils ne doivent pas faire repousser l'idée d'une formation primitive, régulière et continue.

Ce résumé ne peut avoir de valeur que s'il est sanctionné par des personnes parfaitement compétentes en pareille matière ; aussi nous le soumettons à l'examen des membres de la Société géologique, et nous nous estimerons très heureux s'ils veulent bien vérifier nos assertions, en venant faire une visite aux minières de l'Aubois.

Séance du jeudi 2 septembre 1858.

PRÉSIDENCE DE M. THIOLLIÈRE.

M. Paul de Rouville, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance du 1er septembre dont la rédaction est adoptée.

M. Borissak, professeur de minéralogie et de géologie à l'Université de Kharkov (Russie), présenté à la séance précédente par MM. Guillemin et Ch. Sainte-Claire Deville, est proclamé membre de la Société géologique.

La parole est donnée à M. Ébray, secrétaire, pour résumer les courses et les observations faites dans la journée.

Courses du jeudi 2 septembre.

D'après le programme des courses arrêté par la Société, nous aurons à parcourir la série des assises jurassiques, depuis la partie moyenne de l'Oxford-clay jusqu'à la base du lias. Le temps limité consacré à nos sessions ne nous a pas permis de comprendre dans nos itinéraires la série complète des terrains que renferme le département ; autrement vous auriez pu constater avec quelque intérêt une succession de couches vraiment remarquable par la netteté de leur disposition stratigraphique et par les fossiles qu'elles renferment. Il suffit en effet de suivre les bords de la Loire qui offre la coupe naturelle la plus claire et la plus facile pour l'étude, pour y constater la série suivante dont la carte géologique que j'ai l'honneur de mettre sous vos yeux vous permettra de suivre les détails.

Un peu au delà des limites du département, à Neuvy-sur-Loire, vous rencontrez de vastes carrières ouvertes dans la craie cénomanienne de d'Orbigny (craie chloritée de Brongniart). Les fossiles y abondent, notamment *Nautilus elegans*, *Ammonites varians*, *A. Mantelli*, *Holaster subcarinatus*, *Terebrirostra lyra*, etc., etc.

Un peu au delà, entre Neuvy et la Celle-sur-Loire, à la ferme des Cadoux, au-dessous de l'étage cénomanien, vient affleurer le gault, représenté, comme je l'ai montré, par la masse des sables ferrugineux de la Puisaie enclavée entre deux couches fossilifères qui la terminent en haut et en bas. La couche supérieure affleure à la ferme des Cadoux ; c'est un gravier rempli de fossiles, parmi lesquels on peut citer *Ammonites inflatus*, *A. Deluci*. A la Celle se trouve la base du gault ; c'est un grès de couleur foncée, en plaquettes, dans des argiles noires, et qui est pétri d'empreintes de mollusques divers ; mais c'est surtout à Cosne, dans le lit de la Loire et par des eaux basses comme elles le sont en ce moment, qu'on peut faire de magnifiques récoltes du gault inférieur. Là abonde

l'*Ammonites mamillaris*, de taille quelquefois colossale, des bivalves et des gastéropodes nombreux et variés.

A quelques lieues de là, sur l'autre rive, la montée de Saint-Satur à Sancerre offre, comme vous le savez, un affleurement de calcaire marneux, jaunâtre, avec oolithes ferrugineuses, et les nombreux fossiles ordinaires du néocomien. Cet étage n'est point visible sur la rive gauche.

C'est alors que commence la série jurassique; mais c'est seulement au delà de Tracy, entre Bois-Gibaud, hameau reposant sur les sables ferrugineux, et les Loges, que se montre l'étage portlandien. De ce point à Cosne, les sables ferrugineux forment un petit bassin particulier.

L'étage portlandien est ici peu épais (15 mètres environ) et peu fossilifère.

Il n'en est pas de même de l'étage kimméridgien, très développé entre les Loges et Pouilly où une tranchée récente permet d'en étudier tous les détails.

La partie supérieure est formée de calcaires lithographiques renfermant des lits d'argiles avec *Ostrea virgula* qui diminue de nombre, et finit par disparaître dans le voisinage du portlandien. La partie moyenne se compose d'une série de bancs argilo-calcaires avec *Ammonites longispinus* très abondantes. La partie inférieure, à peu près de même nature que la partie moyenne, renferme des Astartes, des Nérinées et des Gryphées virgules.

A Pouilly même, la Loire coule au milieu des assises supérieures de l'étage corallien, formées ici de calcaires à grosses oolithes et de calcaires blancs à texture crayeuse. Les fossiles y sont abondants; ce sont surtout des *Pinnigena Saussurii*, *Terebratula insignis*, etc. Au-dessous viennent des bancs de calcaires marneux lithographiques, alternant avec des calcaires à grosses oolithes qui renferment la *Diceras arietina*. L'étage se termine à la partie inférieure par un système dans lequel le caractère oolithique va constamment en diminuant et le caractère argileux est prédominant, de telle sorte qu'on passe à de véritables marnes qu'on exploite à la Charité. Ces marnes sont sans fossiles.

Elles reposent elles-mêmes sur d'autres marnes, également sans fossiles, que je rapporte à l'Oxford-clay supérieur, parce que, dans d'autres localités, on y rencontre l'*Ammonites plicatilis* de grande taille ; mais la limite entre le coral-rag et l'Oxford-clay est par suite difficile à établir. Au delà de La Marche, l'Oxford-clay supérieur devient plus calcaire ; il renferme une grande quantité de spongiaires. Cette assise recouvre directement l'oolithe ferrugineuse à *Ammonites cordatus*, *perarmatus*, *plicatilis*, etc., horizon bien connu qui est dans la Nièvre, comme dans beaucoup d'autres points, la base de l'Oxford-clay supérieur ; c'est l'*Oxford-clay moyen* de M. Hébert. Cet horizon que nous avons aux portes de Nevers nous servira de point de départ ; car presque tout ce que nous verrons lui sera inférieur.

Les carrières de Nevers, taillées dans de puissantes assises de calcaires caractérisées par les *Ammonites coronatus* et *athleta*, viennent immédiatement au-dessous de la zone à *A. cordatus;* c'est ce qu'Alc. d'Orbigny a désigné sous le nom d'*étage callovien*. La base est, comme pour l'étage oxfordien, une oolithe ferrugineuse, mais avec un faciès beaucoup plus argileux ; c'est cette couche que la Société a eu dès l'abord l'occasion de voir aujourd'hui à la sortie du parc de Nevers, près du couvent de Saint-Gildart et sur la route de Fourchambault. Divers membres y ont recueilli *Ammonites anceps*, *A. Backeriæ*, *A. lunula*, *A. macrocephalus*, *Terebratula pala*, *T. Chauviniana*, d'Orb., *T. bicanaliculata*, etc. Ces couches plongent assez fortement vers la Loire, et nous avons pu les observer de nouveau à la gare du chemin de fer à un niveau bien inférieur.

Au-dessous se montrent, en descendant à la Loire, des calcaires marneux et des argiles.

La Société a suivi la rive gauche de la Loire qui coule à la sortie de Nevers au pied d'un coteau élevé, connu dans le pays sous le nom de *mont Apin*, et dont elle a étudié la composition.

Le minerai de fer à *Ammonites anceps* s'y trouve à mi-côte, reposant, comme auprès de la gare, sur des calcaires marneux jaunâtres. Ici ces calcaires, dont la structure est nodu-

leuse, renferment en abondance *Ammonites Herveyi*, *macrocephalus* et *microstoma*, *Pholadomya decussata*, *Avicula braamburiensis*, etc.; au-dessous vient une argile bleue dont la position a pu être déterminée par les observations qui ont suivi.

Le minerai à *Ammonites anceps* est recouvert par une suite épaisse de bancs de calcaire compacte, jaunâtre, exploité pour les constructions, le même dans lequel sont ouvertes les carrières de Nevers où la Société a pu constater la présence d'un très grand nombre d'*Ammonites coronatus* énormes.

Mais entre ce calcaire compacte et ce minerai de fer à *Ammonites anceps*, se trouve une petite couche marneuse à *Belemnites hastatus*.

Les calcaires argileux à *Ammonites macrocephalus* et *microstoma* sont peu fossilifères à leur partie inférieure; toutefois, c'est dans cette position que se rencontre le plus ordinairement la *Pholadomya carinata*.

En continuant son excursion, la Société s'est trouvée en face d'assises de calcaires compactes, grisâtres, oolitiques, exploitées dans des carrières appartenant à M. Avril. Dans ma carte, j'ai placé ces calcaires dans l'oolite inférieure (étage bajocien, d'Orb.), et je rends compte de leur position anormale, dans un point où il semble qu'on devrait rencontrer des assises plus récentes que celles du mont Apin, par une faille que la Société aura occasion de revoir dans la tranchée de l'Aiguillon, et que j'ai suivie dans tout le département, du nord au sud. La présence à peu près unique de la *Lima proboscidea*, fossile commun à plusieurs étages, ne permet pas à la Société de déterminer l'horizon d'une manière certaine. M. Thiollière constate une grande analogie de faciès avec le *choin* (1) de Villebois qui surmonte l'étage de la grande oolite dans le Bugey et le nord du Dauphiné; mais M. Hébert y reconnaît les caractères de l'oolite inférieure de la Moselle, le même Peigne lisse (*Pecten Silenus?* d'Orb.), et M. Désoudin partage l'avis de M. Hébert.

---

(1) *Choin* est un terme employé par les ouvriers lyonnais depuis un temps indéfini, et qui signifie *calcaire compacte*.

Néanmoins, l'âge de ces calcaires est encore incertain pour la plupart des membres de la Société. Au-dessus se trouve une petite couche d'oolite ferrugineuse, à grains plus gros que l'oolite ferrugineuse à *Ammonites anceps*, dans laquelle la Société n'a point vu de fossiles, mais que M. Ébray affirme être le niveau supérieur des *Ammonites Humphriesianus* et *Blagdeni*.

En retournant à Nevers et en s'approchant de l'abattoir, la Société constate une couche mince d'oolite blanche où M. Hébert a trouvé la *Terebratula cardium*, caractéristique de l'étage de la grande oolite; on y a rencontré aussi la *Lyonsia peregrina*, la *Terebratula concinna*.

M. Laurent a trouvé un fragment de mâchoire de saurien dans un bloc de calcaire marneux, éboulé des couches supérieures et provenant de l'Oxford-clay inférieur.

La Société, avant de partir pour le Guétin où elle s'est rendue dans l'après-midi, a observé près de l'embarcadère une carrière de calcaires marneux jaunâtres où elle a trouvé en grande quantité des fossiles de l'oxfordien inférieur, appartenant à la couche sur-jacente à l'oolite ferrugineuse à *Ammonites anceps* du couvent de Saint-Gildart; ce sont les *Ammonites macrocephalus*, *microstoma*, *Herveyi*, *Backeriæ*, le *Dysaster ellipticus*, la *Terebratula pala*, le *Pecten lens*, l'*Avicula inæquivalvis*, etc., fossiles déjà rencontrés dans la même position au mont Apin.

Les travaux du chemin de fer ont ouvert au Guétin une grande tranchée dans laquelle la Société a observé la superposition de l'assise observée le matin dans la carrière de M. Avril sur un calcaire ferrugineux contenant des fossiles du lias supérieur, savoir : *Ostrea pictaviensis*, Héb., *Ammonites variabilis*, Astartes, etc.

Ce fait tendait à placer les calcaires de la carrière Avril dans l'oolite inférieure; mais tout doute cessa quand on y eut recueilli de beaux échantillons de l'*Ammonites Humphriesianus*.

M. Thiollière, à la vue de ces fossiles et d'un fragment de *Belemnites giganteus*, recueilli par M. Bertrand-Geslin dans une localité voisine (à Marzy) où la même assise est exploitée, déclare n'avoir plus de doute sur le niveau qu'elle représente. Rapporté à la série des subdivisions de l'étage oolitique infé-

rieur des environs de Lyon, ce niveau s'intercalerait probablement entre le *calcaire jaune de Couzon* et le *Ciret*. On y a également rencontré l'*Ammonites Murchisonæ*. Dans la même tranchée, ces calcaires de l'oolite inférieure, qui sont en gros bancs, sont recouverts par une couche assez mince, argileuse et remplie d'oolite ferrugineuse, dans laquelle j'ai souvent rencontré l'*Ammonites Humphriesianus*.

Vient ensuite l'argile bleue observée le matin au-dessous de l'oolite blanche à *Terebratula cardium*, de telle sorte que la place de cette argile se trouve fixée dans le système de la grande oolite.

Les couches du lias supérieur se retrouvent très fossilifères dans la tranchée de Gimouille ; on y a recueilli les *Ammonites insignis*, *primordialis*, *heterophyllus*, le *Belemnites tripartitus*, la *Gervillia tortuosa*, une Patelle, la *Rynchonella cynocephala*. Rich^d^., etc.

M. Gillot fait remarquer à la Société, dans la tranchée, l'existence d'une cassure ou petite faille qui a mis l'oolite ferrugineuse en contact avec les bancs calcaires de l'oolite inférieure.

Plus près du Guétin, la Société a examiné les carrières de la Grenouille qui présentent le même calcaire de l'oolite inférieure que les carrières de M. Avril au mont Apin et que la tranchée du Guétin.

Tels sont les faits observés par la Société dans l'excursion de ce jour.

M. Gillot dit qu'il est en général d'accord avec M. Ébray sur la classification des couches que la Société a vues ; mais qu'il n'y a pour lui qu'une seule oolite ferrugineuse ; que celles de Saint-Gildart et des monts Apins est la même que celle de la tranchée du Guétin.

M. Ébray pense qu'en confondant ces deux couches à oolites ferrugineuses, on est conduit à classer les calcaires des carrières de Nevers dans la grande oolite, les calcaires à *Ammonites macrocephalus* du parc dans le calcaire à Entroques, les argiles bleues des monts Apins dans le lias, classification admise par quelques personnes du département, mais dont il importe, dans l'intérêt de la science, de faire ressortir l'inexactitude,

résultant d'une application trop exclusive des caractères minéralogiques des roches.

M. Hébert se plaît à reconnaître combien la Société a été heureuse de rencontrer dans MM. Ébray et Gillot deux guides aussi profondément versés dans la connaissance du pays qu'ils habitent. Il constate que la succession des couches telle que la donne M. Ébray est parfaitement exacte, et se propose seulement d'appeler un instant l'attention de la Société sur deux points : le premier relatif à la limite entre l'Oxford-clay et la grande oolite, le second à la limite entre l'oolite inférieure et le lias.

Dans le compte rendu qu'il vient d'exposer, M. Ébray n'a pas précisé le premier point ; mais dans une publication antérieure de notre confrère, on voit (1) qu'il admet, comme se trouvant en abondance au mont Apin même, dans la grande oolite, les *Ammonites macrocephalus* et *Herveyi*. Ailleurs et plus récemment (2), M. Ébray a publié une note pour prouver l'existence de l'*Ammonites macrocephalus* et de l'*A. Herveyi* dans la grande oolite. Comme dans son travail général sur le terrain jurassique (3), M. Hébert avait au contraire révoqué en doute l'existence de ces espèces dans la grande oolite du bassin de Paris, il se voit obligé d'insister sur la véritable place qu'occupent ces fossiles que la Société a recueillis aujourd'hui en si grande quantité. D'après les publications antérieures de M. Ébray, les couches qui les renferment au mont Apin, et qui se trouvent entre l'oolite ferrugineuse à *Ammonites anceps* et l'oolite blanche à *Terebratula cardium*, feraient partie de la grande oolite. Pour M. Hébert, ces couches sont la base de l'Oxford-clay inférieur, base complétement identique, pour les caractères minéralogiques et pour les nombreux fossiles qu'elle renferme, avec l'assise inférieure de l'Oxford-clay des environs de Mamers.

Non-seulement la base est identique de part et d'autre, mais la succession est la même en remontant la série des

(1) *Bull.*, 2e sér , t. XIV, p. 803.
(2) *Bull.*, 2e sér., t. XV, p 303.
(3) *Les mers anciennes dans le bassin de Paris*, 1re partie, *Terrain jurassique*, p. 39. (Paris, Béchet fils, rue de Sorbonne.)

couches, comme on peut s'en assurer par la lecture d'une petite note publiée par M. Hébert en 1850 dans le *Bulletin* (1). De part et d'autre aussi, c'est à la base que se trouve généralement la *Pholadomya carinata* que M. Hébert a recueillie aujourd'hui même au contact de l'oolite blanche à *Terebratula cardium*. Cette oolite blanche est la couche la plus élevée du système de la grande oolite que la Société ait observée aujourd'hui ; mais ce n'est pas l'assise la plus récente de la grande oolite ; les couches, désignées quelquefois sous le nom de *combrash*, manquent soit par suite d'un glissement des couches supérieures qui dans ce mouvement les auraient laissées en arrière, soit par suite d'une dénudation. Tous les fossiles qui accompagnent ces deux espèces sont d'ailleurs de l'Oxford-clay inférieur ; en sorte que non-seulement il ne peut y avoir de doute sur le classement des couches en question, mais qu'entre ces couches et la grande oolite il y a une ligne de démarcation parfaitement tranchée. M. Hébert espère que M. Ébray se rendra à une opinion que tous les membres de la Société ont paru partager.

En second lieu, la Société sait combien les opinions sont divisées relativement à la limite entre l'oolite inférieure et le lias. M. Hébert a traité cette question en détail dans l'ouvrage cité ci-dessus (p. 14). Il suffit de rappeler que M. d'Archiac (2) place dans l'oolite inférieure les couches à *Ammonites primordialis, insignis, variabilis*, etc., qu'Alc. d'Orbigny et beaucoup d'autres géologues ont mises à la partie supérieure du lias. M. Hébert a cité (3) un grand nombre de faits à l'appui de cette dernière opinion. Les observations faites aujourd'hui la confirment complétement.

Dans les tranchées du Guétin, l'assise en question s'est montrée au-dessous des calcaires à *Ammonites Humphriesianus* et *Murchisonæ*, à l'état de calcaire ferrugineux, assez semblable au minerai supraliasique de la Lorraine ; on y rencontre l'*Ammonites variabilis*, l'*A. primordialis* (var. *aalensis*), la *Belemnites tripartitus*, l'*Ostrea pictaviensis*, etc. Ces calcaires

(1) Tome VIII, p. 142.
(2) *Hist. des progrès de la géol.*, t. VI.
(3) *Loc. cit*, p. 14 à 27.

passent par leurs assises inférieures à des calcaires argileux avec lits d'argiles où les mêmes fossiles sont encore plus abondants. On y a recueilli en outre les *Belemnites brevis* et *B. acuarius*, l'*Ammonites insignis*, *A. heterophyllus*, *Gervillia tortuosa*, *Rhynchonella cynocephala*, et beaucoup d'autres fossiles. Une petite Bélemnite paraît appartenir au *B. clavatus* du lias moyen qui remonterait ainsi jusqu'à la limite supérieure du lias.

M. Hébert constate qu'il n'est venu à l'idée d'aucun des membres de la session, dont plusieurs se sont occupés depuis longtemps et d'une manière spéciale de l'étude du terrain jurassique, de faire de ces couches autre chose que du lias supérieur. Il espère que le savant auteur de l'*Histoire des progrès de la géologie* voudra bien prendre ces faits en considération.

M. Ébray répond qu'il s'est borné jusqu'à ce jour à traiter des questions générales ; qu'il a prouvé, par exemple, que le calcaire à chailles de la Nièvre est d'un âge différent de celui de l'Yonne ; que les couches bleues des monts Apins doivent être rangées plutôt dans la grande oolite que dans le lias ; que les sables ferrugineux sont intercalés entre le gault à *Ammonites mamillaris* et les couches si connues à *A. inflatus*, etc. ; qu'il s'est attaché à faire connaître la succession des couches et même des strates, les variations minéralogiques des étages, la propagation des fossiles, et qu'il a resserré la question de la ligne mathématique qui sépare les étages, voulant traiter cette question avec tous les soins qu'elle nécessite à la fin de ses études géologiques sur le département de la Nièvre, d'autant plus qu'elle n'offre pas un intérêt pratique et local considérable. Cependant, en consultant les notes dont parle M. Hébert, on voit que tome XIV, page 803, M. Ébray dit, pour prouver l'absence du lias aux monts Apins : « Une autre couche d'argile, contenant souvent des oolites ferrugineuses, sépare les assises à *Ammonites Banksii* des bancs siliceux inférieurs. Cette couche paraît faire le passage paléontologique du bathonien au callovien (les couches oolitiques de la carrière des Coques deviennent quelquefois silico-calcaires à leurs parties supérieures). » Il réserve donc la question de la séparation mathématique des étages, et il dit seulement que ces argiles contiennent des *Ammonites macrocephalus*, *Herveyi*, etc., qui

abondent dans la grande oolite en général (sur la foi d'autres auteurs), sans parler de la grande oolite des monts Apins où ces êtres se rencontrent aussi, mais rarement.

Tome XV, page 303, où il annonce positivement que l'*Ammonites bullatus* se rencontre dans la grande oolite, il est plus explicite, et il commence la grande oolite par les bancs durs des Coques, en mentionnant la présence de l'*Ammonites macrocephalus*, *Herveyi* et *macrocephalus* dans les bancs du Tremblay situés au-dessous de ces premiers bancs ; mais, si l'on examine la note tome XV, page 304, note envoyée à la Société en août 1856 et imprimée seulement tome XV, on verra que M. Ébray divise l'étage callovien en trois assises :

1° Assise à *Ammonites lunula*, *Lamberti*, *Dysaster ellipticus*;

2° Assise à *Ammonites Banksii*, *pustulatus* et *anceps* ;

3° Assise à *Ammonites anceps*, *macrocephalus*, *bullatus*.

Le callovien ayant 40 mètres d'épaisseur ; le bathonien, 30. A cette époque, M. Ébray ne possédait pas de renseignements exacts ou complets sur la puissance de ces étages qui augmentent d'épaisseur vers l'E., et qui dépassent de beaucoup les épaisseurs mentionnées. Il démontrera dans ses études géologiques le peu de stabilité de ces subdivisions.

On voit donc par l'énumération de ces travaux que, tout en réservant l'étude de la ligne séparative des étages, M. Ébray, sur la foi de beaucoup d'auteurs qui ont traité cette question, et d'après les renseignements fournis par d'Orbigny lui-même qu'il a eu le plaisir d'accompagner tant de fois dans ses courses géologiques, considère les couches à *Ammonites macrocephalus* plutôt comme calloviennes que comme bathoniennes. M. Ébray répète qu'il n'a pas encore donné, et cela nulle part, son opinion personnelle et motivée sur ce sujet.

M. Ébray, d'accord avec MM. Thiollière, d'Orbigny, Cotteau, répète qu'il pense que les *Ammonites bullatus*, *Herveyi*, *macrocephalus*, se rencontrent principalement dans le fer sous-oxfordien et dans les couches qui lui sont subordonnées ; mais il croit avec ces géologues que ces fossiles se rencontrent aussi en moins grande abondance dans toutes les couches de la grande oolite ; l'*Ammonites bullatus* se rencontre même dans la terre à foulon. Quant à la séparation du système jurassique

en étages, question que M. Ébray n'a pas encore discutée, il se réserve de la traiter en détail dans ses études géologiques; cependant il croit dès aujourd'hui pouvoir annoncer qu'il voit, dans la séparation de la période jurassique en étages, des difficultés qui jusqu'à ce jour n'ont pas été suffisamment étudiées.

M. Ébray reconnaît d'ailleurs parfaitement la ligne qui sépare la grande oolite des couches qui lui sont supérieures, puisque c'est lui-même qui a prié M. Hébert de monter à la carrière des Coques pour étudier cette limite.

Séance du vendredi 3 septembre 1858.

PRÉSIDENCE DE M. THIOLLIÈRE.

M. Paul de Rouville, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance précédente. Ce procès-verbal est adopté.

M. Ébray, secrétaire, a la parole pour rendre compte de l'excursion faite en ce jour.

La Société a pu compléter aujourd'hui, dit-il, l'étude des couches oxfordiennes qu'elle avait eu occasion d'étudier hier, et de plus examiner avec plus de détails les différentes assises de la grande oolite telle qu'elle se présente dans le voisinage immédiat de Nevers.

Elle s'est dirigée vers Pougues; à la sortie de la ville de Nevers, elle a d'abord rencontré la carrière où s'exploite le calcaire jaunâtre à *Ammonites coronatus;* puis à deux kilomètres de là, dans les fossés de la route, affleure à son niveau supérieur, et formant le sommet du plateau, une couche d'oolite ferrugineuse avec *Ammonites plicatilis, perarmatus, cordatus, bicanaliculatus*, *Nautilus hexagonus, subbiangulatus*, *Belemnites hastatus, Terebratula bicanaliculata*, de nombreuses Pholadomyes. C'est l'*Oxford-clay moyen* de M. Hébert, l'oxfordien supérieur de d'Orbigny. En dessous est une couche mince d'argile noire remplie de cailloux siliceux verdâtres, roulés ou remaniés, et renfermant *Ammonites calloviensis, A. perarmatus, Ostrea dilatata*, qui en forme la base. Cette couche, qui

semble indiquer une interruption dans les phénomènes de sédimentation, repose sur des calcaires jaunâtres plus ou moins sableux, à *Disaster ellipticus* et *Ammonites Lamberti*, partie supérieure de l'*étage callovien* de d'Orbigny. Les fossiles de cette dernière couche ont pu être recueillis par les membres de la Société, non-seulement dans les fossés de la route, mais dans les champs voisins, où ils sont très abondants.

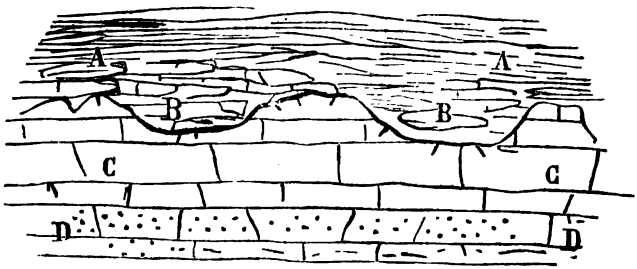
La Société a retrouvé les calcaires sableux à *Disaster ellipticus* à la partie supérieure du mont Givre qui domine Pougues. Ce fossile y est en quantités réellement prodigieuses. Des silex gris disséminés çà et là dans la couche constituent une sorte de *calcaire à chailles*, dont la position est différente de celui du Jura qui occupe la partie tout à fait supérieure de l'Oxford-clay.

Le calcaire sableux à *Dysaster ellipticus* a environ 5 mètres; il repose dans les carrières exploitées au mont Givre, sur les bancs à *Ammonites coronatus*, visibles en ce lieu sur une épaisseur de 15 mètres, dans lesquels on a recueilli en outre l'*A. anceps*, *A. Bakeriæ*, *Pecten fibrosus*, des pattes de crustacés, etc. Les chailles ou parties siliceuses descendent dans ces calcaires.

De ce point, la Société s'est transportée à 6 kilomètres au nord, à la butte des Coques, qui domine le hameau de Chazeau (commune de Chaulgnes); une carrière exploitée en ce lieu a montré le contact des assises de l'oxfordien inférieur (*Ammonites Bakeriæ*, *anceps*) et d'un ensemble de bancs durs, sans fossiles dans la partie supérieure, et présentant quelques trous de Pholades. La partie inférieure a présenté entre autres fossiles des Rhynchonelles, une Lime, l'*Anatina Ægea*, la *Pholadomya Bellona*, l'*Holectypus depressus*, la *Terebratula cardium*, plus spécialement placée dans une petite couche d'oolithe blanche à la base des calcaires durs et dans les calcaires durs eux-mêmes. M. Féry y a trouvé un fragment de mâchoire de poisson que M. Thiollière croit appartenir à un genre inédit. Ces fossiles sanctionnent le classement que M. Ébray a fait de ces couches dans la grande oolithe.

M. Hébert fait remarquer la ligne de contact entre l'étage oxfordien inférieur et la grande oolite; les trous de Pholades, les

érosions évidentes du calcaire dur, l'irrégularité des assises oxfordiennes, leur amincissement et leur disposition dans une partie de la carrière, lui indiquent une limite tranchée, correspondant à une lacune, à une interruption des phénomènes sédimentaires entre les deux étages. Il ajoute que la partie la plus basse de l'oxfordien inférieur, observée par la Société la veille sur les bords de la Loire, lui paraît manquer ici, de même que les calcaires durs ne se trouvent pas sur les bords de la Loire. Il retrouve ici exactement les phénomènes déjà décrits par lui à l'est et à l'ouest du bassin de Paris (1). Voici en effet à peu près ce que présente la carrière.



A A. Argiles blanchâtres, avec Pholadomyes.
B B. Calcaires ferrugineux en lits irréguliers et discontinus, avec *Ammonites Bakeriæ*.
C C. Bancs durs, à surface dénudée, interrompus, perforés par les lithophages; peu fossilifères.
D D. Oolite blanche, friable à *Terebratula cardium*.

Château du Tremblay. — Au château du Tremblay et dans les terres qui l'entourent, on observe un ensemble d'assises bleues marneuses présentant les *Ammonites discus*, *subbakeriæ*, les *Terebratula digona*, *flabellum*, des Plicatules, le *Mytilus plicatus*, une Ammonite qui paraît nouvelle et qui est voisine de l'*Ammonites complanatus*, et une grande quantité de Pholadomyes et de *Dysaster bicordatus*.

Un sondage dans la cour du château a permis de constater la présence de la marne bleue sur une soixantaine de mètres d'épaisseur. M. Ébray rapporte ce terrain, c'est-à-dire les couches bleues du sondage comme les couches bleues du bord de la Loire, au *fuller's earth*.

(1) *Loc. cit.*, p. 33 à 40.

La Société les rapporte avec lui aux assises inférieures de la grande oolite. M. Ébray dit y avoir trouvé l'*Ammonites arbustigerus* et aussi l'*A. macrocephalus* qui serait un nouveau témoin de fossiles passant d'un étage à l'autre. M. Thiollière dit aussi avoir recueilli l'*A. macrocephalus* dans le Bugey et aux environs de Mâcon, bien au-dessous de son horizon ordinaire, l'oxfordien inférieur.

Barbeloup. — La Société constate successivement les couches suivantes : assises de calcaires avec *Scyphia*, partie de l'oxfordien supérieur qui avait été signalée au mont Apin par MM. Gillot et Ébray, mais que la Société n'avait pas eu l'occasion de constater. Les couches contenant l'*Ammonites plicatilis* et *A. canaliculatus* plongent sous des argiles puissantes qui se développent vers la Charité.

Par-dessous, une oolite ferrugineuse, la même que celle observée le matin sur la route de Pougues, présentant ici encore les *Ammonites plicatilis*, *perarmatus*, *canaliculatus*, le *Nautilus hexagonus*, etc.

Plus bas encore, des bancs silicéo-calcaires avec chailles et *Dysaster ellipticus*, représentant la partie supérieure de l'oxfordien inférieur, la couche transitoire de M. Ébray.

Bords de la Loire : la Loge. — En arrivant sur les bords de la Loire, on marche sur des bancs marneux blanchâtres, supérieurs au système précédent de couches, que M. Thiollière a reconnus pour les mêmes que ceux qui se présentent au Bugey et à Plottes, près de Tournus, chargés d'impressions de *Mya litterata* et d'autres bivalves ; c'est le calcaire argileux de M. Ébray, supérieur au calcaire à *Scyphia*.

Le calcaire à *Scyphia* affleure par-dessous et se développe sur les bords de la Loire ; il repose ici comme à Barbeloup sur l'oolite ferrugineuse à *Ammonites cordatus* (variété très renflée), *canaliculatus*, *plicatilis*, *perarmatus*, *pustulatus*, *Constantii?* etc. Ces derniers bancs reposent sur les assises silicéo-calcaires avec chailles, où la Société a recueilli l'*Ammonites anceps* et un grand nombre de Pholadomyes.

M. Hébert, sans contester qu'on ne puisse rencontrer l'*Ammonites macrocephalus* dans la grande oolite, dit qu'il ne l'a jamais vu occuper cette position dans le bassin de Paris ; qu'il

n'en a vu aucun exemple dans les collections de Paris. Il a bien recueilli aujourd'hui au Tremblay une Ammonite renflée qu'on pourrait confondre avec l'*A. macrocephalus*, mais qui en est entièrement distincte, aussi bien que de l'*A. Herveyi*, cette dernière pouvant être à la rigueur considérée comme une variété de l'*A. macrocephalus*. L'Ammonite renflée du Tremblay peut être rapportée, soit à l'*A. tumidus*, Ziet., qui se trouve à la base de l'Oxford-clay inférieur, soit à l'*A. bullatus*, d'Orb., espèce dont les caractères ne lui paraissent pas encore bien établis, et qui dans le bassin de Paris accompagne l'*A. microstoma* et l'*A. macrocephalus* dans ces mêmes assises inférieures de l'Oxford-clay (1). D'après cela, M. Hébert serait disposé à admettre, dans le sud du bassin de Paris, le passage de la grande oolite dans l'Oxford-clay, non pas de l'*A. macrocephalus* dont personne aujourd'hui n'a pu recueillir le moindre débris, mais de l'*A. tumidus* ou *bullatus*. Toutefois, il a observé que les échantillons de l'Oxford-clay prennent assez promptement ce rétrécissement qui donne à cette espèce et à quelques autres (*A. microstoma*, *Brongniarti*) une forme si particulière. Il n'a jamais vu ce rétrécissement dans les échantillons, même d'assez grande taille, de la grande oolite, soit de Nevers, soit de Mâcon. Cette observation est-elle spéciale aux six ou sept échantillons que M. Hébert a pu observer, ou bien est-elle constante? C'est ce qu'il serait utile d'examiner.

D'après ce qui vient d'être dit, M. Ébray rapporterait les couches du Tremblay au fuller's earth, c'est-à-dire à la division inférieure de la grande oolite. Pour M. Hébert, la présence dans ces couches des *Terebratula digona* et *flabellum*, du *Dysaster bicordatus*, les classe dans la division supérieure, au-dessus de l'*oolite miliaire*, si celle-ci existait.

L'Ammonite nouvelle, si commune au Tremblay, et qui rappelle l'*A. complanatus* du lias, avec un renflement bien plus considérable au pourtour de l'ombilic, a été recueillie dans la même position par MM. Berthaud et Tombeck à Solutré, près Mâcon.

M. Ébray dit qu'il rapporte en effet les couches dures du

(1) Hébert, *Terrain jurassique*, p. 38 et 42.

Tremblay et les marnes bleues à la terre à foulon ; mais les couches épaisses de calcaires tendres et jaunes qui viennent immédiatement après font déjà partie de la grande oolithe. La ligne de séparation de ces assises se fait dans le sud-ouest du département d'une manière très remarquable. Le banc supérieur de la terre à foulon, comme la Société pourra le constater dans la tranchée de l'Aiguillon, est couvert de Serpules et percé par les Lithophages. C'est ce banc dur, d'après M. Ébray, qui termine la terre à foulon. La *Terebratula digona* existe dans tout le massif de la grande oolite, à partir de la terre à foulon exclusivement.

Séance du mardi soir 7 septembre 1858.

PRÉSIDENCE DE M. THIOLLIÈRE.

M. Paul de Rouville, vice-secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance précédente. Ce procès-verbal est adopté.

M. Ébray, secrétaire, rend compte dans les termes suivants de l'excursion faite pendant les journées des 4, 5, 6 et 7 septembre :

Courses du samedi 4 septembre.

La Société a suivi, dans la matinée du 4, la route de Prémery à Forge-Neuve. A 4 kilomètres de Nevers, elle a constaté successivement et de haut en bas les bancs silicéo-calcaires avec chailles, les assises à *Ammonites coronatus* des carrières de Nevers, enfin des couches présentant le *Dysaster ellipticus*.

Carrières de Poiseux. — Les mêmes bancs silicéo-calcaires avec *Dysaster ellipticus* présentent à leur partie supérieure des traces de ravinement, et dans leur épaisseur des fissures comblées d'une oolite ferrugineuse en grains et aussi en blocs irréguliers ; les bancs inférieurs de la carrière ont fourni des *Ammonites coronatus, athleta*, des traces de crustacés et de végétaux.

La Société discute l'origine de l'oolite ferrugineuse qu'elle a sous les yeux ; elle est portée à y voir un remaniement du

fer sous-oxfordien à une époque ultérieure. M. Jourdan considère ce remaniement comme s'étant opéré à l'époque pliocène, plusieurs mines de fer de l'est analogues à celle-ci contenant des mastodontes de l'époque pliocène; d'autres membres rappellent que des minerais de fer se retrouvent à toutes les époques géologiques, jusque dans la période quaternaire, et s'abstiennent de préciser l'âge de celui-ci.

M. Hébert voit ici, outre un remaniement possible du minerai de l'Oxford-clay moyen, un dépôt de fer oolitique spécial, opéré par des sources thermales dont les canaux lui paraissent parfaitement visibles, avec leurs parois usées et corrodées, incrustées de minerai. C'est à ces sources qu'il attribue la formation de la plus grande partie du minerai, et notamment de tous les gros grains ronds ou irréguliers, de tous ces morceaux gros comme le poing, si abondants dans le minerai de fer du Berry et du Bourbonnais, et si différents de ceux que renferme l'Oxford-clay moyen.

Environs de Prémery.—L'assise représentant pour M. Ébray la grande oolite se présente dans les environs de Prémery avec un faciès qui s'identifie avec le *calcaire blanc jaunâtre marneux* de M. de Bonnard appartenant au même horizon.

En montant de Prémery à Saint-Gué, ces mêmes couches ont présenté la *Pholadomya Vezelayi*, caractéristique de la grande oolite.

Lurcy-le-Bourg. — Les calcaires qui se montrent à Lurcy-le-Bourg contiennent l'*Ostrea sublobata*, Desh., caractéristique de l'oolite inférieure (niveau des carrières de M. Avril au mont Apin et des carrières de la Grenouille au Guétin).

Au-dessous se trouve l'oolite ferrugineuse du lias qu'on exploite en perçant le calcaire de l'oolithe. Cette oolite ferrugineuse a fourni une grande quantité de fossiles, parmi lesquels les *Belemnites irregularis*, *Ammonites variabilis*, *cornucopiæ*, *comensis*, la *Pholadomya fidicula*, un *Hippopodium*, des valves nombreuses de Trigonies, le *Nautilus inornatus*, des vertèbres d'Ichthyosaures, etc.

Retour à Prémery. — En retournant à Prémery, la Société a observé d'autres exploitations de la même oolite au-dessous des mêmes calcaires. M. Désoudin a constaté, au fond d'un

puits d'extraction, l'existence d'une assise de marne supérieure à l'oolite ferrugineuse.

MM. Jourdan et Thiollière ont observé dans les bancs du calcaire supérieur des Astrées avec *Terebratula quadriplicata* et au-dessus de la couche à *Ostrea sublobata*, des pattes de Crabes qui rappelleraient à M. Thiollière la partie supérieure du calcaire de Couzon ; la partie inférieure manquerait ici.

M. Hébert retrouve, dans le lit de marne observé par M. Désoudin, la marne à *Montlivaltia decipiens*, occupant la même position dans la Moselle où elle est accompagnée également de l'*Ostrea sublobata*. Le calcaire à Entroques se voit à Lurcy en superposition sur les couches à *Ostrea sublobata*, avec les caractères qu'il présente aux environs d'Avallon. La présence en très grande abondance de la *Belemnites irregularis* dans ce minerai à *Ammonites variabilis* devra certainement embarrasser quelque peu les géologues qui veulent placer cette assise dans l'oolite inférieure.

Courses du dimanche 5 septembre.

Route de Prémery à Saint-Révérien. — La Société retrouve sur la route de Prémery à Saint-Révérien les assises de calcaire constatées la veille au-dessus de l'oolite ferrugineuse du lias (calcaires de la Grenouille au Guétin). La couche supérieure présente ici une structure oolitique bien marquée et renferme des oolites ferrugineuses. La Société a pu y constater la présence des *Ammonites Parkinsoni*, *Martinsii*, *Humphriesianus*, *discus*, *Belemnites sulcatus*, etc.

Cette couche, épaisse de $1^{m},50$, recouvre des assises d'un calcaire plus dur avec rognons siliceux et des polypiers au-dessous desquels vient le calcaire à Entroques. Un peu plus loin, cette série calcaire a offert un certain nombre de fossiles, savoir : *Ammonites Humphriesianus*, *Pecten fibrosus*, *articulatus*, *Lima proboscidea*, des polypiers que M. Hébert croit reconnaître pour l'*Isastrea Bernardana*, et que M. Ébray considère comme appartenant à la couche la plus inférieure de son calcaire à Entroques.

Cet ensemble de couches correspond, comme celui de la Grenouille, à l'horizon de Bayeux.

Il est immédiatement recouvert par un calcaire blanc jaunâtre, sans fossiles d'abord, mais qui bientôt, en montant de la route au bois des Charmes, à 4 kilomètres de Prémery, a fourni tous les fossiles des couches du Tremblay (voy. course du vendredi) à *Nautilus subbiangulatus*, *Ammonites subbakeriæ*, une variété de l'*Ammonites bullatus*, *Pholadomya gibbosa*, *P. Murchisoni*, *P. Vezelayi*, *Anatina Ægea*, *Terebratula subglobata*, passant à la *T. spheroidalis*, *T. intermedia*, *Collyrites* voisin du *C. ringens*, *Dysaster bicordatus*, etc.

Ces couches, qui appartiennent à la grande oolite, sont surmontées d'assises blanchâtres que M. Hébert serait disposé à regarder comme le niveau de la *Terebratula cardium*, et que M. Ébray dit être le commencement de l'oolite miliaire. Le recouvrement de la roche par la terre végétale ne permet pas à M. Ébray d'en fournir des preuves locales.

M. Thiollière fait remarquer l'absence des couches à polypiers qui, dans la partie méridionale du Bugey, comme dans le Jura et en Bourgogne, se trouvent au-dessous de la grande oolite et au-dessus des calcaires qui représentent l'*inferior oolite* des Anglais. M. Ébray a retrouvé cette zone plus loin au même niveau.

M. Hébert rappelle qu'il a montré (1) que ce calcaire à polypiers, si développé dans l'est du bassin de Paris, manque souvent et localement, par suite de dénudations, et que en outre, dans la région occidentale, de vastes étendues, comme tout le département de la Sarthe, celui de l'Orne, n'en présentent pas de traces. De ce côté, c'est l'oolite miliaire qui repose sur les couches de Bayeux.

Moussy. — La Société, en gravissant la montée qui précède le village de Moussy, a eu l'occasion de reconnaître la présence du lias supérieur à l'état d'argiles noires, sans fossiles, renfermant des ovoïdes calcaires, et recouvrant le lias moyen avec *Belemnites niger*, *B. brevis*, *Ammonites spinatus*, *margaritatus*, *Terebratula numismalis*, *resupinata*, *Rhynchonella*

(1) *Terrain jurassique*, p. 30.

erina, *Pholadomya ventricosa*, *Spirifer tumidus*, *Pecten æquivalvis*, *Mactromya liasina*, Ag., accompagnant la *Gryphæa gigantea* de Sowerby (1).

On remarque, en arrivant à Moussy, que les couches ne se succèdent plus régulièrement et que le sol a subi des dérangements assez notables. Le petit coteau du bois d'Aubus, un kilo-

---

(1) On doit à M. E. Dumortier la remarque qui paraît avoir échappé aux compatriotes de Sowerby, à savoir, que d'après un *erratum* placé à la fin du tome IV de l'édition anglaise du *Mineral conchology*, le gisement indiqué d'abord, par l'auteur, dans l'oolithe inférieure, doit être dans le lias moyen, puisque cette Gryphée se trouve, dit-il, avec de très grands exemplaires du *Pecten æquivalvis* et des Bélemnites, à Churchdown-Hill, Glocestershire. Cette rectification ne laisse plus de doute sur l'appropriation de la dénomination de *gigantea* à la Gryphée que beaucoup de géologues français supposent être la *G. cymbium* de Lamarck, mais à laquelle ne se rapportent ni le gisement indiqué par cet auteur, ni les figures qu'il cite à l'appui.

(*Note fournie par M. Thiollière.*)

M. Thiollière a parfaitement raison.

La *Gryphæa arcuata*, Lamk., 1802, *Syst. des anim. sans vert.*, p. 398, *Encycl.*, pl. 189, fig. 1 et 2; Knorr, *Petref.*, p. 2, 1re part., pl. D III *a*, fig. 1 et 2, et aussi D III, fig. 1, que ne cite pas Lamarck, est bien la coquille que tous les géologues connaissent sous ce nom. Seulement, je rapporte aussi à cette même espèce celle qui, dans le *Système des animaux sans vertèbres*, est indiquée immédiatement avant la *Gryphæa arcuata*, la *G. cymbula*, pour laquelle Lamarck renvoie à Knorr, pl. B I *d* (pl. 20), fig. 7, que M. Bronn donne comme devant être substituée à la *G. cymbium*. En raison de la netteté et du nombre des figures qui ont servi à caractériser la *G. arcuata*, comparées à l'unique et mauvais exemplaire provenant de Wielitzka (Pologne), il ne saurait y avoir doute; c'est *G. cymbula* qui doit disparaître.

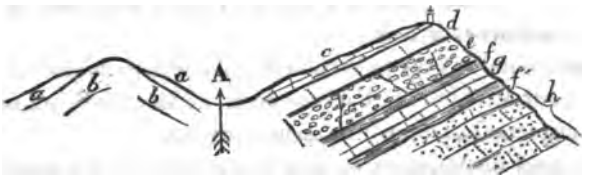
La *Gryphæa cymbium*, Lamk. (*Anim. sans vert.*, p. 298, 1819), est la *G. arcuata* de cet auteur pour la figure de l'*Encyclopédie*, et sa *G. cymbula* pour celle de Knorr. Ce nom doit donc aussi disparaître, comme le propose M. Thiollière.

La *Gryphæa gigantea*, Sowerby (*Min. conch.*, p. 151, pl. 391, 1823), est bien la grande variété de la Gryphée cymbienne qui se trouve toujours dans le bassin anglo-parisien, dans les assises supérieures du lias moyen; c'est l'*Ostrea lobata* ou *Broliensis*, Buv. (*Atlas paléont. de la Meuse*, pl. V, fig. 7, 8, 9); c'est plus exactement encore la *Gryphæa cymbium*, Rozet (*Bull.*, 1re série, t. XII, p. 161, pl. IV, fig. 2).

Il faudra donc, dans le tableau que j'ai donné, *Bull.*, 2e série, t. XIII, p. 218, substituer *Ostrea gigantea* (Sow., sp.), Desh., à

mètre avant Moussy, est formé par une sorte de selle dont le centre est du lias moyen et les côtés du lias supérieur. Sur le versant qui regarde Moussy les assises plongent sous le village; mais au bas de la vallée on rencontre des calcaires et des poudingues qui évidemment appartiennent à l'infra-lias et se relèvent en sens contraire, comme l'indique le diagramme ci-dessous.

Coteau du bois d'Aubus. Moussy.



a. Lias supérieur.
b. Lias moyen.
c. Calcaire lumachelle.
d. Calcaire bleuâtre, compacte.
e. Poudingues.
f, *f'*. Argiles.
g. Calcaire blanc.
h. Grès.

Il y a donc en A une faille qui cache aux yeux de l'observateur le calcaire à Gryphées arquées et même les assises inférieures du lias moyen dont la Société n'a vu que le niveau supérieur.

Les diverses couches de l'infra-lias ont pu être étudiées dans tous leurs détails à Moussy même.

A la partie supérieure sont des assises minces *c* de calcaires lumachelles, remplies de débris de fossiles et notamment de gastéropodes, de Cardinies, de Peignes (*Pecten valoniensis?*). Au-dessous de cette lumachelle vient un banc de calcaire compacte bleuâtre *d*, puis de poudingues *e* de deux mètres d'épaisseur, remplis de grains de quartz et renfermant aussi un grand nombre de cailloux roulés, plus ou moins volumineux, et des infiltrations de barytine.

Ces assises recouvrent, dans de petites carrières qui se trou-

---

O. cymbium. Sauf cette modification, ce tableau me paraît exact. On peut le compléter en introduisant, dans la synonymie de l'*Ostrea arcuata*, *Gryphæa cymbula*, Lamk. (1802), et *G. cymbium*, Lamk. (1819).

Il en résultera ainsi que le nom d'*Ostrea gigantea* ne pourra pas être donné à la *Gryphæa dilatata*, Sow., comme quelques auteurs ont essayé de le faire. (*Note de M. Hébert.*)

vent à Moussy même, au sommet de la butte, des grès feldspathiques *h* exploités; mais entre les grès et le poudingue i existe là un banc de calcaire blanc, sableux, *g*, de 0m,30 d'épaisseur, intercalé entre deux lits minces d'argile *f*, *f'*, de 0m,10 chacun.

Les calcaires associés au poudingue ont montré une tendance à devenir caverneux. Au hameau de Sancenay, les argiles sont plus épaisses et le poudingue s'y trouve intercalé.

Au-dessous des grès, des argiles rouges indiquent la présence des marnes irisées.

Ce système de grès et de poudingues feldspathiques correspond, pour M. Ébray, à l'arkose de M. de Bonnard, qui occupe en Bourgogne exactement le même niveau.

Quelques membres de la Société ont rappelé les arguments qui militent en faveur de la suppression de la dénomination d'*arkose;* d'autres, et M. Ébray en particulier, ont pensé que le sens géologique tout au moins était précis, et qu'à ce titre le terme mérite d'être conservé.

M. Hébert dit qu'il ne voit dans les couches observées à Moussy que des grès et des poudingues, dans l'acception la plus normale de ces termes; seulement, en raison du voisinage des roches granitiques, le feldspath y entre et comme ciment et comme élément cimenté. Quelque signification qu'ait reçue ce mot *arkose*, il lui paraît inutile de l'appliquer à des roches qui ne sont que des grès ou des poudingues. Mais il y a dans certaines contrées, notamment aux environs d'Avallon, une roche où les éléments du granite décomposé ont été cimentés sur place, sans être roulés, sans passer à l'état de sable, par de la silice amenée de l'intérieur et accompagnée de différentes substances minérales; cette roche spéciale qui diffère des grès et des poudingues par ses caractères physiques et son mode d'origine, qui a aussi été comprise dans les arkoses de la Bourgogne, doit seule, selon lui, conserver ce nom. Les *arkoses* sont pour lui des conglomérats à éléments granitiques, formés sur place par un ciment venant de l'intérieur du sol. Tous les conglomérats dus aux actions sédimentaires sont des *poudingues*. Tel est le cas des conglomérats de Moussy, qui paraissent à M. Hébert occuper exactement la même position que les

couches à gastéropodes d'Hettange, qui sont elles-mêmes remplies de cailloux roulés.

L'abondance des Cardinies dans les assises supérieures et inférieures aux poudingues, et jusque dans les grès qui forment la base du système que M. Ébray a très justement rapporté en entier à l'infra-lias, confirme ce rapprochement.

Le mot arkose, dit M. Ébray, peut recevoir deux acceptions différentes : une acception géologique ou une acception minéralogique, comme cela existe déjà pour beaucoup de roches, pour la craie blanche, par exemple. L'arkose minéralogique a été créée par Brongniart, pour des psammites quartzeux et feldspathiques ; l'arkose géologique a été créée par de Bonnard, pour toute espèce de roche arénacée, infra-liasique et fossilifère, à éléments provenant des terrains primitifs ; car, dit-il, on ne peut pas considérer comme une espèce de roche un mélange aussi varié.

Faut-il conserver ces noms, en régulariser l'usage ou leur en substituer d'autres ? C'est là une question que je ne veux pas résoudre. Je dirai seulement que, régulariser l'usage d'un nom, consiste à scruter la synonymie ; supprimer un nom est chose peu praticable ; en créer de nouveaux pour des choses déjà baptisées est chose absurde. Je crois donc qu'il est prudent d'en revenir tout simplement à la synonymie, de consacrer pour l'arkose minéralogique la définition de Brongniart, d'accepter l'acception géologique de de Bonnard, et d'étendre au besoin le mot arkose aux roches analogues plus anciennes, en faisant suivre le nom de l'étage, comme arkose triasique, permienne, carbonifère, etc.

Plusieurs puits dans la plaine ont permis de reconnaître la présence d'une épaisseur considérable de marnes irisées.

Un peu avant Saint-Reverien, les grès infra-liasiques s'élèvent à 360 mètres d'altitude ; ils forment des escarpements dirigés sensiblement du Nord au Sud, au bas desquels, à Saint-Reverien même, on rencontre l'oolite ferrugineuse et *Ammonites Humphriesianus*, environ à 300 mètres d'altitude. Il y a donc là une faille considérable dont la hauteur comprend, en outre des 60 mètres de différence de niveau, toute l'épaisseur du calcaire à Entroques, du lias supérieur et moyen, du cal-

caire à Gryphées arquées, des lumachelles et des calcaires marneux et caverneux. Un peu plus loin, cette faille met le grès infra-liasique en contact avec la grande oolite.

En allant de Saint-Reverien à Champallement, on reste sur les grès infra-liasiques qui offrent ici une grande abondance de fossiles (*Mytilus*, *Avicula*, *Plicatula*, *Cardinia donaciformis?* etc.).

La vallée de Champallement montre sur ses flancs et dans sa profondeur des affleurements de porphyre rouge quartzifère et très feldspathique, recouvert par les grès infra-liasiques qui font corps avec le porphyre, auquel ils sont intimement soudés.

La roche de contact est une sorte d'eurite rose, que M. Hébert considère comme du grès pénétré par la matière *feldspathique* qui a dû nécessairement se trouver dans un état de dissolution plus ou moins prononcé. Cette pâte rose se continue dans la série des bancs stratifiés du grès; mais elle diminue à mesure qu'on s'élève et elle finit par disparaître; alors on a le grès ordinaire. En sorte qu'on a dans cet exemple un passage insensible entre la roche exclusivement sédimentaire et la roche éruptive modifiante. Il en résulterait aussi que ce porphyre quartzifère ne serait pas plus ancien que le grès infra-liasique.

Au fond de la vallée, on remarque un porphyre syénitique à gros cristaux de feldspath qui paraît antérieur au porphyre euritique.

Ces porphyres ont été décomposés sur place par les agents atmosphériques sur une épaisseur considérable, comme la Société a pu le constater à 3 kilomètres de Saint-Reverien, sur la route de Saint-Saulge, dans une carrière ouverte près de la route, dans la forêt de Tronçay.

M. Hébert a fait observer que les couches supérieures seules portaient la trace d'un remaniement par les agents diluviens.

Courses du lundi 6 *septembre* 1858.

Saint-Saulge. — Le porphyre de Champallement se retrouve auprès du village de Saint-Saulge dans le même état de

décomposition. Il supporte ici le grès infra-liasique et l'argile verte du système liasique inférieur de Moussy, au contact desquels se présente, dans le chemin du hameau des Chaumes à celui des Nervoux, par suite d'une faille qui est le prolongement de celle de Saint-Reverien, le lias moyen avec des *Gryphæa gigantea*, Sow., d'une taille remarquable et offrant des variétés nombreuses. On y a recueilli aussi le *Pecten æquivalvis*, les *Ammonites margaritatus*, *spinatus*, des Pholadomyes, etc. Un peu plus loin la même faille a mis les marnes irisées en juxta-position avec le calcaire infra-liasique à Cardinies.

De beaux blocs de poudingue, composés de cristaux de quartz et de feldspath remaniés, avec parties chloritiques et argile verdâtre, présentés sous le nom de *grauwacke* par M. Gillot, ont offert une variété remarquable du conglomérat infra-liasique.

Le porphyre se continue sur la route de Decize, depuis Saint-Saulge jusqu'à 1 kilomètre avant Rouy, dessinant ainsi de la manière la plus nette depuis Champallement sa direction N.-S. qui est la même que celle de la faille. Au point que nous venons de fixer, la Société a rencontré les marnes irisées.

Carrières de Rouy. — La Société a constaté ici le même système de couches que celui qu'elle avait observé la veille à Moussy : même succession du calcaire à Cardinies, avec Mytiles, Plicatules, Myoconques et autres représentants de la faune infra-liasique, de poudingues, d'argile verte passant à l'état de calcaire caverneux (cette dernière plus épaisse ici qu'à Moussy, environ 6 à 8 mètres), et enfin de grès inférieurs reposant immédiatement sur les marnes irisées.

M. Hébert a fait observer que la surface du calcaire caverneux présente ici des tubulures partant de l'extérieur, et offre les caractères d'une roche durcie et perforée soit par des animaux, soit par des infiltrations aqueuses.

Sur la route de Tintury, les calcaires caverneux sont tranchés sur une épaisseur de 10 mètres ; ils présentent à la base des lits subordonnés d'argiles bleues ou grises. Au-dessous viennent les grès infra-liasiques dont les assises supérieures sont éminemment calcarifères.

Ainsi, le département de la Nièvre a constamment montré, entre le calcaire à Gryphées arquées et les grès infra-liasiques, un système variable composé de poudingues en haut, d'argiles et de calcaires plus ou moins caverneux en bas, en général sans fossiles, et qui indiquent des phénomènes sédimentaires d'une nature particulière entre les grès infra-liasiques fossilifères et le dépôt du calcaire à Gryphées arquées. Ces phénomènes ont été d'une certaine durée, puisque ces couches ont jusqu'à 10 mètres de puissance.

A l'entrée du village de Rouy, la base du grès se voit dans une mare; elle est là de couleur rouge. Au delà de Rouy, sur la route de Nevers, au-dessous du grès blanc infra-liasique, se présente une alternance de grès et de marnes rouges de quelques mètres d'épaisseur, avec un banc de poudingue feldspathique à la base, que M. Hébert rapporte encore au grès infra-liasique, considérant cette alternance de poudingues, de grès et de marnes, comme le résultat du mélange des sédiments sableux de la mer liasique avec la vase rouge que les eaux devaient enlever au sol formé de marnes irisées.

Le fond de la vallée entre Rouy et Vèvre est du keuper, et l'on a pu constater la présence de petites veines de gypse intercalées dans les marnes; mais de Vèvre à Conseuille, le sol, plus élevé d'une trentaine de mètres, appartient au lias inférieur. Déjà, à Conseuille, on voit le calcaire à Gryphées arquées affleurer sur la route. Ce calcaire se poursuit jusqu'à Billy-Chevanne; on y a recueilli la *Gryphæa arcuata*, l'*Ammonites obtusus*, le *Belemnites acutus*, le *Spirifer Walcotii*, la *Lima gigantea*.

Un système de grès calcaire et d'argile affleure par-dessous ces couches, et se développe en formant une légère butte non loin de Billy. Ces grès, ces argiles et ces calcaires, qui sont ici d'une couleur blanchâtre, appartiennent aux parties supérieures de l'infra-lias et présentent beaucoup de fossiles (gastéropodes, bivalves, parmi lesquelles la *Mactromya liasina*, polypiers, type d'Encrines), lesquels rappellent à M. Hébert la faune d'Osmanville.

A 3 ou 4 kilomètres de Billy, on retrouve la *grande oolite*, exploitée sur le bord de la route, dans le bois d'Azy. C'est le

même niveau géologique que celui du château du Tremblay (course du vendredi) ; on y revoit l'*Ammonites discus*, l'*A. tumidus?* le *Dysaster bicordatus*, l'*Anatina Ægea*, un *Diadema*, un *Mytilus*, un *Trochus*, de nombreuses Pholadomyes de grosse taille. Le *Trochus* a rappelé à M. Hébert un *Trochus* de Ranville. Il est, comme à Ranville, encroûté d'un bryozoaire, le *Berenicea diluviana*, Haime. M. Gillot a recueilli dans cette même assise une belle dent de saurien.

La Maison-rouge.— La Société a observé près de la Maison-rouge des carrières exploitées dans l'oolite inférieure (calcaire de la Grenouille près de Nevers).

La partie supérieure est un calcaire qui se délite en plaquettes et qui renferme l'*Ammonites Martinsii*. Plus bas, les calcaires plus compactes contiennent des bryozoaires, et le *Pecten paradoxus*, Goldf., l'*O. Marshii*, des Serpules, etc. A la base, ce système présente les caractères du calcaire à Entroques, et offre un lit d'*Ostrea sublobata*, Desh., qui atteint ici une taille considérable (12 centimètres de diamètre).

Le lias supérieur affleure sur la route au-dessus des calcaires exploités ; il est à l'état de calcaire marneux, peu épais, recouvrant les marnes bleues. Le fer supra-liasique manque ici.

Dans les carrières mêmes de la Maison rouge se trouvent, au contact des deux terrains, des Pholades logées dans des trous pratiqués dans le calcaire liasique, exemple nouveau des phénomènes qui ont donné à M. Hébert l'occasion d'écrire son mémoire sur les limites entre les étages jurassiques et sur les rivages des mers pendant cette période.

Les marnes supra-liasiques des bords de la route ont offert le jeune âge de l'*Ostrea pictaviensis*, Héb., l'*Ammonites variabilis*, et quelques rares fossiles dont le petit nombre dans cette localité contraste avec la richesse fossilifère de ce même niveau géologique dans d'autres régions de la Nièvre.

Les couches plongeant à l'ouest, on rencontre au coteau voisin, après avoir franchi le pont du ruisseau de Lixeure, la série plus récente des couches calcaréo-marneuses suivantes :

A la partie inférieure, calcaires marneux et argiles bleues peu fossilifères ; on n'y a guère rencontré que l'*Ammonites Parkinsoni* (*A. interruptus*). Ces couches sont tout à fait sem-

blables à celles qui recouvrent l'oolite inférieure au Guétin et qui forment la base de la grande oolite.

Elles sont ici recouvertes par une petite couche mince à oolites ferrugineuses que M. Ébray considère comme accidentelle, qui est remplie d'Ammonites, dans laquelle la Société a recueilli *A. discus*, *arbustigerus*, *Parkinsoni*, *subbakeriæ*, et quelques rares *Dysaster bicordatus*.

Au-dessus de cette couche oolitique viennent de nouveaux calcaires marneux blanchâtres avec nombreux *Dysaster bicordatus*, mais ne présentant pas encore les Pholadomyes du bois d'Azy.

Cette oolite ferrugineuse, intercalée au milieu des assises de la grande oolite, est une nouvelle preuve du peu de confiance qu'il faut accorder aux caractères extérieurs en dehors de certaines limites. Les études de M. Ébray l'ont conduit à constater des variations très considérables dans le faciès et le mode d'être d'une même assise dans des régions même peu distantes les unes des autres.

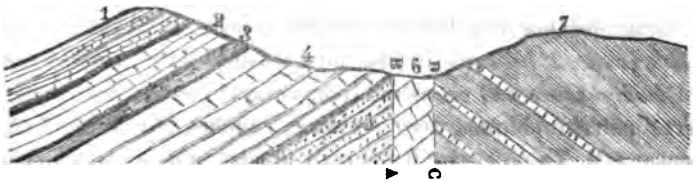
Un autre point important, qui fera de la part de M. Ébray l'objet de communications ultérieures, est l'étude des failles nombreuses qui ont disloqué et dénivelé les terrains de la Nièvre. Dans le premier fascicule de ses études géologiques sur le département de la Nièvre, offert à la Société géologique, M. Ébray s'occupe de la faille importante de Chavannes-Changy. La Société a dû se borner à constater ceux d'entre ces effets qui se présentaient d'eux-mêmes sur sa route.

La distance de la Maison-rouge à Nevers ayant été parcourue par la Société en voiture et de nuit, il n'a pas été possible de reconnaître la succession des terrains qui se montrent dans cette partie de la Nièvre.

Course du mardi matin 7 septembre.

La Société a visité la tranchée faite près de la ville et au nord, et dite tranchée de l'Aiguillon ; elle y a constaté la succession suivante :

Tranchée de l'Aiguillon (Nevers).



1. Calcaire blanchâtre, marneux, avec *Ammonites plicatilis* (variété aplatie), *A. canaliculatus*.

2. Calcaire jaune renfermant quelques oolites ferrugineuses avec *Ammonites plicatilis* et *perarmatus*. Épaisseur, 6 mètres.

3. Argile verte avec *Belemnites hastatus*, *Ammonites plicatilis* et *perarmatus*, Pholadomyes, etc., contenant les mêmes cailloux verdâtres que ceux que la Société a observés dans sa course du vendredi sur la route de Pougues. Les galets caractérisent la couche de transition de M. Ébray entre l'oxfordien inférieur et l'oxfordien supérieur, et témoignent d'un remaniement à l'époque oxfordienne proprement dite aux dépens des matériaux et des fossiles de l'oxfordien inférieur, les fossiles ayant un aspect prononcé de roulis et de charriage.

4. Calcaire jaune à *Ammonites coronatus* et *athleta*, Pholadomyes, etc., qui a perdu ici son aspect sableux de la route de Pougues.

5. Calcaire à oolites ferrugineuses avec *Ammonites anceps*.

6. Lambeau de calcaire à *Ammonites coronatus*, mis en contact avec le calcaire oolitique qu'il recouvre, par suite d'une faille très nettement visible dans la tranchée.

Tout ce système de couches plonge du côté de Nevers avec une pente assez forte, et s'arc-boute directement au milieu de la tranchée en forme de dos d'âne avec les couches de la grande oolite (7) qui plongent en sens inverse, contact anormal et parfaitement visible qui provient d'une faille qui se lie, d'après M. Ébray, avec celle de Chevannes.

7. Immédiatement après la faille, du côté de Paris, on voit en effet des couches d'argile bleue avec bancs calcaires blanchâtres ou roussâtres, très fossilifères, intercalés : *Ammonites*

Parkinsoni, *arbustigerus*, *linguiferus*, *Dysaster bicordatus*, *Nautilus subbiangulatus*, *Ammonites discus*, *polymorphus*, *subbakeriæ*, des Opis, des Peignes, une Myoconche. L'abondance de l'*Ammonites Parkinsoni*, le passage si sensible de l'*A. linguiferus* à l'*Humphriesianus*, en même temps que l'analogie des caractères pétrographiques avec certaines couches du Jura, font penser à M. Thiollière qu'il pourrait se faire que ce niveau dût encore être rapporté à une assise supérieure du groupe de l'oolite inférieure.

M. Hébert pense avec M. Ébray que l'ensemble de la faune rappelle plutôt le niveau de la *grande oolite* et surtout l'horizon du fuller's earth. En effet, ces calcaires sont surtout riches en *Ammonites Parkinsoni*, *arbustigerus*, *discus*, *biflexuosus* et *polymorphus*. L'*Ammonites Parkinsoni* (*A. interruptus*) n'est point spéciale à l'oolite inférieure. En 1852, la Société a constaté qu'il est très abondant à Gravelotte près Metz, dans les couches les plus élevées de la grande oolite avec la *Terebratula digona*. M. Hébert l'a rencontré à l'Isle-sur-Serein (Yonne), dans le calcaire blanc jaunâtre marneux de M. de Bonnard (*fuller's earth*), avec l'*Ammonites arbustigerus*. On pourrait même dire que cette espèce, pour les régions orientale et méridionale du bassin de Paris, indique la grande oolite. L'*A. polymorphus* n'est connue, dans le bassin de Paris, que des argiles de Port-en-Bessin que M. Hébert rapporte au *fuller's earth*. Quant aux trois autres espèces (*A. discus*, *biflexuosus* et *arbustigerus*), on peut les considérer comme caractérisant jusqu'ici la grande oolite.

Outre les cinq espèces d'Ammonites qu'il vient de citer, M. Hébert a recueilli, dans les calcaires du fuller's earth de la tranchée de l'Aiguillon, *A. dimorphus*, d'Orb., *A. zigzag*, d'Orb., *A. Bakeriæ*, Sow. (type), et M. d'Anglure y a trouvé un exemplaire de l'*A. subdiscus*, d'Orb. Il fait remarquer que les couches à *Dysaster bicordatus* sont dans cette tranchée supérieures aux bancs à *A. arbustigerus* et *polymorphus*; qu'au Tremblay, les *A. discus* et *biflexuosus* sont assez communes; les *A. arbustigerus* et *Parkinsoni* très rares; qu'en revanche, il y a recueilli les *A. planula*, d'Orb., *A. Defrancii*, d'Orb., *A. tumidus*, Zieten, A. n. sp. Ces quatre espèces ne paraissent

pas se trouver dans les couches à *A. polymorphus*. De là deux niveaux distincts que confirment encore un grand nombre d'autres espèces caractéristiques du niveau supérieur, celui du Tremblay.

Lorsque dans deux dépôts éloignés de quelques kilomètres, dit M. Ébray, il existe un certain nombre d'espèces communes, ce n'est pas la présence, l'absence ou l'abondance relative de quelques autres espèces qui permettra d'établir ou de refuser un synchronisme. M. Ébray assimile les bancs du Tremblay aux bancs de l'Aiguillon, parce qu'il a suivi ces bancs dans tout ce département, et qu'il y a constaté des variations graduées paléontologiques et minéralogiques, sur lesquelles il fera un travail spécial et détaillé. Les bancs du Tremblay, comme ceux de l'Aiguillon, sont à la limite de la terre à foulon et de la grande oolite, limite indiquée dans beaucoup de lieux du département par des bancs couverts de Serpules et percés par les lithophages. Je reconnais très bien que les bancs inférieurs diffèrent, sous le rapport paléontologique, des bancs supérieurs, mais les deux systèmes de bancs se retrouvent tout aussi bien au Tremblay qu'à l'Aiguillon ; à l'Aiguillon, la *Terebratula digona* n'existe pas, tandis qu'elle est très abondante au Tremblay.

M. Thiollière trouve qu'il existe une différence assez marquée entre l'ensemble des fossiles qu'il a pu voir dans les couches que la Société a examinées au Tremblay et ceux de l'assise à *Ammonites Parkinsoni* de la tranchée de l'Aiguillon. Les premiers lui rappellent la faune des assises qui, dans le Bugey, sont placées entre la grande oolite proprement dite et le minerai de fer sous-oxfordien. Le fait est manifesté par l'association de certaines bivalves : *Panopæa decurtata*, *Thracia viceliacensis*, *Isocardia minima*, etc., avec les *Ammonites hecticus*, *convolutus*, *discus*, etc. Du reste, ce n'est là qu'un aperçu.

M. Hébert a fait remarquer la présence de coquilles perforantes dans un galet inclus dans ces roches, fait analogue à beaucoup d'autres qu'il a signalés dens son travail sur le *terrain jurassique*, aussi bien dans les assises inférieures que dans

les assises supérieures de la grande oolite, mais qui n'ont pas la généralité de ceux qui marquent les limites des étages.

Séance du mercredi matin 8 septembre 1858.

PRÉSIDENCE DE M. THIOLLIÈRE.

M. Paul de Rouville, vice-secrétaire, lit le procès-verbal de la dernière séance dont la rédaction est adoptée.

M. le Président appelle l'attention de la Société sur le résumé des courses qui a été fait dans les séances précédentes par M. le Secrétaire, et ouvre la discussion sur les différentes questions que ce résumé soulève. Il propose d'étudier les différentes assises reconnues par la Société, sous le point de vue de leurs distribution et extension géographiques, et sous celui de leur groupement et de leur classement dans l'échelle géologique. L'assemblée adoptant cette proposition, la séance est consacrée au développement des diverses questions qu'elle soulève et dont voici le résumé :

Oxford-clay.—Le *calcaire à spongiaires*, la plus élevée des couches oxfordiennes reconnues par la Société dans ses courses autour de Nevers, a été reconnu par MM. Gillot et Ébray dans le Cher, les Deux-Sèvres, la Vienne. M. Hébert ne l'a jamais rencontré au nord de la Loire, sur le bord occidental du bassin de Paris, pas plus que sur le bord oriental, à partir du centre du département de l'Yonne, jusque dans celui des Ardennes ; ce calcaire ne se retrouve pas non plus en Angleterre. Il s'étend dans le Jura salinois, la Suisse, le Wurtemberg ; et MM. Thiollière et Berthaud le signalent dans les environs de Mâcon ; M. Thiollière l'a constaté à Tournus (Saône-et-Loire). On sait qu'il a été signalé par M. Beaudouin dans la Côte-d'Or, dans la région de Châtillon, où les couches à spongiaires renferment les *Ammonites Henrici*, *Terebratula pectunculus*, *T. tetragona*, etc.

M. Thiollière ajoute que l'assise est beaucoup plus puissante dans le Jura du Bugey et du nord du Dauphiné qu'elle ne pa-

rait l'être dans le Nivernais. Elle s'y compose de marnes et de calcaires marneux dont une partie est exploitée pour chaux hydraulique. Outre les spongiaires, on y trouve souvent en grande abondance la *Terebratula insignis*, les *Rhynchonella lacunosa* et *inconstans*, les *Pholadomya parcicosta*, *similis*, *cardissoides*, Ag. (celle-ci n'est pas une déformation, comme l'a dit d'Orbigny), etc., puis les *Belemnites hastatus* et *latesulcatus*, et les *Ammonites alternans*, *canaliculatus*, *biplex* et *flexuosus* (ou *oculatus*). Dans le haut Jura, M. Étallon l'a signalée aux environs de Saint-Claude, sous le nom de *spongitien*, et en a montré les fossiles à M. Thiollière.

Elle change d'aspect dans le Jura des bords du Rhône inférieur, où elle constitue la partie supérieure des calcaires de Crussol en face de Valence, et repose à Châteaubourg à peu près directement sur le granite. Sauf en ce point qui est tout à fait littoral, l'assise est séparée de celle du minerai de fer sous-oxfordien par les marnes oxfordiennes à petites Ammonites pyriteuses (*ornatenthone* de Quenstedt) qui constituent un horizon assez constant, non-seulement dans le Vivarais et le long des Alpes, mais aussi dans le Bugey où ces marnes dépassent parfois une épaisseur de 20 mètres. Elles s'étendent aussi dans le Jura et le Doubs, où M. Thiollière les a reconnues, soit à Béfort, soit à Palcute, près de Besançon, soit à Quenoche dans la Haute-Saône. M. Thiollière ne s'étonne pas que ces marnes oxfordiennes inférieures ne recouvrent pas à Nevers l'assise à *Ammonites coronatus* et *anceps* sur laquelle la ville est bâtie, car elles manquent également sur quelques points des départements de l'Ain, du Jura, et à Chanas en Savoie. Dans cette dernière localité, les *Scyphia* et l'*A. flexuosus* à l'état de calcaires grisâtres sont parfois adhérentes au minerai de fer sous-oxfordien dont tous les fossiles sont rougeâtres et ferrugineux.

Quant à l'absence du calcaire à spongiaires en Angleterre, c'est un fait que confirme le silence que tous les paléontologistes de ce pays ont gardé en ce qui concerne les amorphozoaires de l'Oxford-clay, tandis qu'ils en citent un bon nombre dans la craie de leur île.

L'*oolite ferrugineuse* oxfordienne à *Ammonites cordatus* et *perarmatus*, constitue un horizon d'une constance remarquable

dans le nord comme dans le midi de la France, et en Allemagne.

L'*Oxford-clay inférieur* paraît à M. Hébert se diviser à Nevers d'une manière très nette en trois horizons bien distincts : à la partie supérieure, les calcaires à *Dysaster ellipticus*, *Ammonites athleta* et *coronatus* ; à la partie moyenne, le minerai de fer à *A. lunula*, *Jason*, *anceps*, *Bakeriæ* et *macrocephalus* (rare) ; à la base, les calcaires marneux à *A. macrocephalus* (commun), *Herveyi*, *microstoma*, etc.

Ces divisions se retrouvent exactement semblables dans la Sarthe, surtout aux environs de Mamers. Il les a signalées dans le *Bulletin* (1) et surtout dans l'ouvrage spécial qu'il a publié sur les terrains jurassiques du bassin de Paris. On y verra, en effet, p. 42 et suivantes, qu'à l'ouest, comme à l'est du bassin de Paris, la base de l'Oxford-clay est formée par des argiles et des marnes avec *A. Bakeriæ*. A l'ouest, on y trouve en outre les *A. macrocephalus* (commun), *Herveyi*, *microstoma*, etc., qui montent dans une puissante assise de calcaires marneux, tout à fait semblables à ceux qui à Nevers sont si riches en *A. macrocephalus*, et ces calcaires marneux sont pareillement recouverts à l'ouest par une oolite ferrugineuse riche en *A. Jason*, *lunula*, *anceps*, *Bakeriæ* et même *macrocephalus*, à l'est par le minerai sous-oxfordien à *Trigonia arduenna*. Mais à Mamers le *Dysaster ellipticus* est déjà très commun dans les calcaires marneux inférieurs et d'une extrême abondance dans le *minerai sous-oxfordien*, où se trouvent aussi en quantité les *Ammonites coronatus* et *athleta*, et dans l'est (Meuse et Ardennes) ce fossile manque complètement.

Au-dessus du minerai viennent, dans la Sarthe comme dans les Ardennes, des assises plus ou moins sableuses renfermant l'*A. Lamberti*. Dans la Sarthe on y trouve en outre l'*A. athleta*, *perarmatus*, *modiolaris* ; dans la Nièvre, c'est l'*A. coronatus* qui prédomine à ce niveau.

Et partout cette troisième assise de l'Oxford-clay inférieur est recouverte par l'oolite ferrugineuse à *A. cordatus*, *perarmatus* et *calloviensis*.

---

(1) 2e série, tome VIII, p. 142, 1850.

D'où il résulte que les trois zones indiquées par M. Hébert (1) :

1° Zone à *Ammonites macrocephalus ;*

2° Zone à *A. anceps* (minerai sous-oxfordien) ;

3° Zone à *A. athleta* et *Lamberti*,

sont entièrement applicables à l'Oxford-clay inférieur de Nevers.

M. Michelin élève des doutes sur l'identité du *Dysaster ellipticus* de la Sarthe avec celui de la Nièvre.

M. Thiollière a été tout de suite frappé de la ressemblance des fossiles des calcaires de Saint-Gildas, des Cramayots, etc., auprès de Nevers, avec ceux qu'il avait reçus comme provenant de l'oxfordien inférieur des environs de Mamers, localités qu'il n'a pas eu du reste l'occasion de visiter jusqu'à présent. L'assise de ces calcaires se retrouve aussi sur les bords du Rhône à Montaguieu de Briore et aux environs de Tenay (Ain) ; mais la partie supérieure de l'assise, celle qui est remplie de chailles et riche en *Dysaster ellipticus*, y manque. Dans la portion existante de l'assise, l'*Ammonites anceps* est aussi nombreux et offre autant de variétés dans ses formes qu'à Nevers, mais l'*A. coronatus*, qui est très abondant ici et ne l'est pas moins à Mamers, est au contraire fort rare dans le Bugey ; par contre l'*A. macrocephalus* qui manque ou est extrêmement clair-semé dans les calcaires de Nevers, au-dessus des couches à oolites ferrugineuses, se trouve déjà en grand nombre à ce niveau dans le Bugey, mêlé avec l'*A. anceps*, qu'accompagnent encore le *biplex*, l'*hecticus*, etc., tout comme ici.

On voit que l'*A. macrocephalus* n'est pas aussi strictement cantonné dans le minerai de fer sous-oxfordien du bassin du Rhône qu'il paraît l'être dans celui de Paris.

M. Hébert fait observer que, dans le bassin de Paris, c'est surtout au-dessous du minerai sous-oxfordien que l'*Ammonites macrocephalus* abonde. C'est là qu'il se présente avec une taille un peu considérable. Dans le bassin de Paris, l'*A. biplex* ou *plicatilis* n'a jamais été, à sa connaissance, rencontré dans l'Oxford-clay inférieur.

GRANDE OOLITE. — Les assises de la grande oolite exploitées

(1) *Les mers anciennes, etc. — Terrain jurassique*, p. 44.

dans la carrière des Coques, près Pougues (course du vendredi), et celles du château du Tremblay correspondent à la partie des dépôts jurassiques qui ont, dans le bassin de Paris, atteint le plus grand développement. La *Terebratula cardium* est, au dire de M. Hébert, très caractéristique de la partie supérieure de ce grand étage ; M. Ébray a constaté, dans les environs de Clamecy, un développement de ces mêmes couches sur une épaisseur de 40 mètres. Ces assises sont, dans la Nièvre, séparées des bancs de ce Tremblay, à *Dysaster bicordatus*, par un système argileux que la Société n'a pas eu l'occasion d'observer. M. Hébert n'est pas disposé à rechercher dans la masse des couches qui correspondent à la grande oolite, et en particulier à la partie supérieure de cet étage, les différents horizons reconnus en Angleterre et distingués par des noms particuliers. Il se borne à admettre une équivalence en fait d'âge géologique. M. Thiollière, d'accord avec M. Hébert, ne croit pas qu'il faille ajouter une grande importance à ces distinctions purement locales : indispensables pour un horizon restreint, elles cessent d'avoir de l'importance et pourraient conduire à des erreurs, quand on étudie de vastes surfaces, les différents phénomènes géologiques ne s'étant pas passés d'une manière absolument identique dans deux régions distinctes.

M. Hébert subdivise la grande oolite dans le bassin de Paris en trois horizons qui embrassent les horizons particuliers établis pour les différents pays : l'assise supérieure, comprenant le *cornbrash*, le *forest-marble* et le *Bradford-clay*, et caractérisée par les *Terebratula cardium* et *digona* ; l'assise moyenne ou *oolite miliaire*, en général peu fossilifère, et l'assise inférieure, ou *fuller's earth*, caractérisée surtout par l'*Ammonites arbustigerus* au sud du bassin de Paris, par l'*Ostrea acuminata* dans l'est, qui manque dans une grande partie de la région occidentale, mais à laquelle lui paraissent devoir appartenir les argiles de Port-en-Bessin près Bayeux. Dans les parties du Nivernais qu'a visitées la Société, la partie moyenne manque ; la partie inférieure comprend évidemment les calcaires et argiles à *Ammonites arbustigerus* de la tranchée de l'Aiguillon et du Guétin. La partie supérieure, à laquelle se rapporte la couche à *Terebratula cardium*, comprend très pro-

blablement aussi les couches à *Dysaster bicordatus* du Tremblay et des environs de Prémery.

M. Thiollière rappelle d'abord que le groupe entier de la grande oolite manque ou n'existe que sporadiquement dans la partie méridionale du bassin du Rhône, ainsi qu'il l'avait annoncé en 1847. Cette suppression, qui atteint aussi le groupe de l'oolite inférieure, sauf peut-être l'assise la plus basse, paraît s'appliquer également aujourd'hui aux Alpes de la Savoie et de la Suisse.

Quant au Jura de la Suisse et de la France, le groupe de la grande oolite y est au contraire plus développé et mieux caractérisé qu'aux environs de Nevers. Dans le département de l'Ain, il peut être subdivisé en cinq assises. Ces assises, qui ne se retrouvent pas toutes dans les mêmes localités, sont en partant d'en haut :

1° Des calcaires qu'on assimile à la *dalle nacrée* de Thurmann, parfois remplis de bryozoaires (Térébellaires, Millipores, etc.) et de petits spongiaires; cette division est peu puissante là où elle est le mieux exposée, et elle manque souvent.

2° Les marnes sableuses des monts d'Ain (près Nantua) ou de Flacé (près Mâcon) constituent une assise importante dans le nord du département de l'Ain, bien qu'elle n'existe pas dans le sud du Bugey ni dans le Dauphiné. On a souvent confondu ces marnes avec celles dites du *fuller's earth* qui appartiendraient à un niveau bien inférieur, si on les trouvait dans le pays. Puissance dépassant 30 mètres.

3° Le choin de Villebois (dans l'Ain) ou de Montalieu et de Trept (dans l'Isère) se retrouve aussi avec un aspect un peu différent, il est vrai, mais avec les mêmes fossiles, à Solutré, près de Mâcon, etc. Il constitue un excellent horizon dans le Bugey méridional, mais il s'affaiblit dans le Revermont et vers Nantua, pour disparaître au delà. La similitude des caractères oryctographiques du choin de Villebois avec le calcaire du Guétin et de la Grenouille est une circonstance remarquable. Puissance de l'assise, 40 mètres environ.

4° Les calcaires de l'oolite de Tournus, qu'on place au même niveau que la grande oolite, constituent encore une

division non moins importante par son épaisseur et par son exploitation industrielle, que celle du choin de Villebois. Les calcaires oolitiques se voient aussi bien sur les deux rives du Rhône que sur celles de la Saône.

5° Les calcaires à *Ostrea acuminata* apparaissent aussi en plusieurs points du Jura des bords des deux rivières, mais très irrégulièrement. M. Thiollière dit qu'outre ces cinq subdivisions il pourrait en énumérer quelques autres; mais, comme elles n'ont pas leurs analogues dans le Nivernais, et qu'il ne se propose ici que d'esquisser en gros la constitution du groupe dans le bassin du Rhône, afin de poser des jalons pour l'étude comparée du Jura du bassin de Paris, il croit inutile d'entrer dans des détails plus étendus.

M. Hébert rappelle qu'il a signalé (1) la présence du *Dysaster bicordatus* dans l'Oxford-clay inférieur de la Sarthe, avec les *Ammonites macrocephalus*, *Herveyi*, *anceps*, *Bakeriæ*, etc., tandis que dans cette région il n'a pas trouvé ce fossile dans la grande oolite. M. de Lorière lui en a donné un certain nombre recueillis par lui à Saint-Pierre-des-Bois, où l'*A. macrocephalus* et d'autres espèces oxfordiennes abondent dans la même couche. MM. Cotteau et Triger (2) placent cette couche dans la grande oolite. Pour M. Hébert, c'est une erreur stratigraphique. De même que c'est à tort que ces auteurs citent le *Dysaster bicordatus* (*Collyrites ovalis*, Cott.) à Pougues, c'est également à tort que ces auteurs affirment (3) que le *Nucleolites clunicularis* (*Echinobrissus*, Brey., Cott.) ne se trouve pas dans l'Oxford-clay inférieur de la Sarthe, puisque M. Hébert a montré à M. Cotteau les échantillons recueillis par lui à Pescheseul avec l'*A. macrocephalus*, et dans les calcaires marneux de Mamers à *A. Bakeriæ* et *Dysaster ellipticus*, et qu'en outre M. Bachelier lui en a envoyé de l'Oxford-clay inférieur de Contilly. M. Hébert pense que ni M. Bachelier, ni lui-même ne se sont trompés sur l'horizon où ils ont recueilli ce fossile. Il y a donc des passages incontestables de fossiles d'un

(1) *Terrain jurassique*, p. 39.
(2) *Échinides du département de la Sarthe*, p. 48.
(3) *Loc. cit.*, p. 55.

étage à l'autre. C'est au géologue à savoir se garantir des erreurs qu'ils peuvent entraîner. Il importe avant tout de bien établir les faits, et il semble résulter de toute cette discussion et des faits observés dans cette session : que certaines espèces, comme l'*A. macrocephalus*, que l'on croyait communes à l'Oxford-clay et à la grande oolite, sont au contraire *jusqu'ici* spéciales à l'Oxford-clay; que d'autres, comme les *A. subdiscus*, d'Orb., et *tumidus*, Ziet., vont de la partie supérieure de la grande oolite à la base, ou même pour le dernier aux parties moyennes de l'Oxford-clay. Mais ce sont des espèces peu importantes, en raison de leur rareté. Il est inutile de répéter ce qui a été dit plus haut au sujet de *A. Parkinsoni*.

M. Ébray pense que M. Hébert, qui n'a pu recueillir que des échantillons brisés, confond l'*A. bullatus* avec l'*A. tumidus ;* rien ne ressemble, en effet, plus à l'*A. tumidus* que l'ombilic du *bullatus ;* mais le doute disparaît devant des individus complets.

MM. Ébray et Thiollière confirment ce fait du passage d'un certain nombre de fossiles à travers des étages différents. L'horizon de la grande oolite correspond à la *dalle nacrée* et aux calcaires roux sableux de M. Thurmann, ainsi qu'à une partie du *Brauner Jura* des Allemands.

Oolite inférieure. — Les calcaires à polypiers de la Moselle, qui forment dans presque toute la région orientale du bassin de Paris l'assise supérieure de l'oolite inférieure, manquent dans le Nivernais aussi bien que sur le bord occidental du bassin.

L'oolite ferrugineuse observée au mont Apin et au Guétin, et les calcaires avec *Ammonites Humphriesianus*, qu'elle recouvre au Guétin (carrières de la Grenouille) et près de Nevers (carrières de M. Avril), ont paru devoir correspondre à l'horizon de l'oolite de Bayeux, appartenant à l'étage de l'oolite inférieure. Des calcaires avec Entroques se retrouvent dans cet étage à différents niveaux. M. Hébert ne les a observés que sur le bord méridional du bassin de Paris, en Bourgogne, près du point de communication de ce bassin avec celui du Rhône, où ils se développent sur une étendue considérable dans le Bugey, le Jura salinois et la Franche-Comté, etc.; on les re-

trouve encore dans la Nièvre et dans le Cher, près de Bourges. L'horizon de l'oolite inférieure avec *Ammonites Murchisonæ* avec la couche à *Ostrea sublobata*, Desh., qui lui sert de lias, se poursuit d'une manière très régulière dans presque tout le bassin de Paris où il se montre susceptible de subdivisions locales.

Dans le midi de la France, l'oolite inférieure ne forme guère qu'un tout compacte, sans possibilité d'y reconnaître les divers horizons du nord.

M. Thiollière rapporte au lias supérieur les *calcaires à Fucoïdes* de M. Émilien Dumas, et croit que le *calcaire à Entroques* du même auteur ne représente encore que le passage du lias à l'oolite inférieure. Ni l'une ni l'autre de ces deux assises n'est sur l'horizon de l'oolite de Bayeux ou du calcaire de la Grenouille. Le calcaire à Entroques, qui dans l'Ardèche et dans le Gard sépare l'étage oxfordien de celui du lias, étant souvent formé des débris du *Pentacrinites Briareus*, comme M. Dumas le reconnaît, serait même purement liasique comme ce fossile, s'il ne renfermait pas aussi quelques Térébratules et Bélemnites dont l'âge est douteux.

Dans le Lyonnais, ajoute M. Thiollière, la liaison entre l'assise du minerai de fer du lias supérieur et celle du calcaire jaune de Couzon qui la recouvre est également indiquée par la présence dans l'une et dans l'autre de quatre ou cinq Ammonites, *A. Murchisonæ*, *A. radians*, etc., et des *Belemnites tripartitus* qui leur sont communes; mais la difficulté de tracer la limite de deux étages au milieu d'une assise dont les caractères physiques restent les mêmes est cause qu'il est d'usage de mettre la totalité du calcaire jaune de Couzon, sous le nom de *calcaire à Entroques*, dans le groupe de l'oolite inférieure. Cependant le paléontologiste pourrait individualiser la portion liasique, afin de la distinguer de celle qui fait la base de l'étage oolitique inférieur, en se servant du caractère que lui fournit l'extrême abondance à ce niveau d'un *Fucus* qui a laissé l'empreinte de ses ramules arqués et en touffes sur tous les joints de stratification. C'est ce *Fucus* que M. Thiollière a nommé *Chondrites scoparius*. Les bancs qui renferment le petit *Pecten personatus* sont placés au-dessus, et ceux que les bryozoaires

et les grandes radioles d'Oursin caractérisent viennent encore plus haut dans la même assise du calcaire de Couzon.

Comme cette assise, de même que celle du *Ciret*, est très développée sur les bords de la Loire, dans l'arrondissement de Charolles, M. Thiollière avait espéré trouver dans le Nivernais des traces de l'une ou de l'autre; mais il est obligé de convenir que la seule assise bien caractérisée du groupe de l'oolite inférieure que la Société ait eu l'occasion d'y étudier, celle des calcaires de la Grenouille et du Guétin, a des caractères tout à fait différents. S'il lui fallait pourtant émettre un avis sur le rang stratigraphique de ces calcaires par rapport aux assises du Lyonnais, ce serait entre les calcaires jaunes de Couzon et le Ciret qu'il assignerait leur niveau, d'après les fossiles qui y ont été rencontrés.

LIAS. — L'oolite ferrugineuse à *Ammonites aalensis*, *opalinus*, *Ostrea pictaviensis*, que la Société a observées sur divers points, est maintenue par MM. Hébert, Ébray et Thiollière dans le lias supérieur, bien que d'autres géologues aient voulu dans ces derniers temps en faire la base de l'étage de l'oolite inférieure. M. Thiollière rappelle qu'au Mont-d'Or lyonnais, aussi bien qu'à la Verpillière (Isère) et à Villebois (Ain), les couches à *Ammonites Murchisonæ* (forme aux figures de Sowerby, Zieten et d'Orbigny), celles à *A. torulosus* et à *Turbo capitaneus*, celles à *Ammonites radians* et *jurensis*, celles à *A. communis, cornu-copiæ* et *subarmatus*, distinctes à Gundershofen et dans le Wurtemberg, sont représentées par un banc de minerai de fer oolitique où toutes ces espèces gisent côte à côte et sans la moindre apparence de remaniement. Loin de trouver que M. Hébert place trop haut la limite qui sépare le lias de l'oolite inférieure, M. Thiollière est disposé à porter cette limite entre la zone à *Ammonites Murchisonæ* et celle à *A. Humphriesianus*; seulement, il reconnaît qu'elle partage alors une série de couches qui sont identiques entre elles par tous les caractères orographiques et orycto-logiques.

Le lias moyen à *Gryphæa gigantea*, Sow. (*O. cymbium* des auteurs) a présenté dans le Nivernais les mêmes caractères

que partout ailleurs ; c'est un horizon des mieux accentués et des plus constants.

Le *lias inférieur* ou *calcaire à Gryphées arquées* a offert ici, comme ailleurs, des fossiles parfaitement spéciaux et des caractères pétrographiques qui rappellent ceux qu'il affecte dans toutes les régions où il se rencontre.

Les couches à Cardinies et les arkoses ont présenté plus de matière à la discussion. L'ensemble des grès infra-liasiques, des argiles, des calcaires caverneux et des arkoses de Moussy (course du dimanche), ont donné lieu à la plupart des membres présents de revenir sur la question si controversée des arkoses. On s'accorde généralement à reconnaître dans les arkoses un phénomène de contact entre les roches ignées et les grès inférieurs, phénomène qui a pu intéresser les grès d'une formation quelconque. MM. Jourdan et Delesse insistent sur cette acception toute minéralogique du mot arkose.

Le lias inférieur et les grès infra-liasiques se retrouvent à peu près partout avec un développement plus ou moins grand de grès ou de calcaire, suivant les régions. M. Thiollière rappelle en quelques mots les caractères du choin bâtard lyonnais.

M. Jourdan lit une note sur la distribution géographique du calcaire carbonifère en France, dont il a été le premier à reconnaître un grand nombre de gisements, particulièrement en Alsace.

Séance du mercredi 8 *septembre* 1858, *à huit heures du soir.*

PRÉSIDENCE DE M. THIOLLIÈRE.

M. Paul de Rouville, vice-secrétaire, lit le procès-verbal de la dernière séance dont la rédaction est adoptée.

M. Ébray dépose sur le bureau deux brochures intitulées : *Études géologiques sur le département de la Nièvre*, par M. Th. Ébray, membre de la Société des ingénieurs civils ; 1er fascicule. Nevers, 1858. — *Études paléontologiques sur*

le département de la Nièvre, par le même; 1er fascicule. Nevers, 1858.

M. Delesse dépose sur le bureau, au nom de M. James Macadam, une note sur un nouveau Cirripède fossile (*On a new fossil Cirripede*).

M. Delaville présente la note suivante sur un sondage exécuté à Rozières, près Decize. Il dépose sur le bureau des échantillons à l'appui de sa note.

A la fin de l'année 1855 une société se forma dans le but de faire des recherches de houille dans le bassin de Decize. A cet effet, MM. Degousée furent chargés d'exécuter un sondage à Rozières près Decize. Me trouvant lié avec plusieurs membres de la Société et demeurant à peu de distance du point de sondage, je reçus la mission de suivre les travaux de recherches qu'on allait entreprendre.

Ces travaux, entrepris au commencement de janvier 1856, ont duré jusqu'au 18 mai 1857; et pendant cette période de quinze mois plus de 400 mètres d'épaisseur de terrains ont été traversés. J'ai pensé qu'il serait peut-être intéressant de présenter à messieurs les membres de la Société géologique de France quelques détails sur l'exécution d'un sondage qui a traversé toute la série de l'étage du trias et qui vient apporter de nouvelles notions sur la composition et l'épaisseur des grès bigarrés aux environs de Decize, en même temps que sur la disposition du terrain houiller. Je ne me permettrai ici, Messieurs, que d'exposer simplement les faits dans leur ordre, et je mets sous vos yeux la série des échantillons qui ont pu être pris pendant l'exécution du sondage, sans en tirer aucune induction théorique, heureux si je puis fournir à la Société quelque élément intéressant de discussion, et prêt à recevoir avec empressement les enseignements que l'autorité scientifique de nos maîtres saura tirer des faits exposés.

Le sondage a été placé sur la rive droite de la Loire, dans la petite vallée du ruisseau de la Meule, sur les bords du canal de fuite de l'étang du moulin de Rozières alimenté par ce petit cours d'eau. Ce point choisi est à 800 mètres environ de la limite sud de la concession de houille de Decize, et à 6000 mètres environ en aval des couches supérieures reconnues à la Machine et exploitées aux puits Marguerite et de la Haute-Meule.

Le 21 janvier 1856, le sondage a été commencé sur un diamètre

de 0m,30. MM. Degousée, dont l'habileté en matière de sondage est justement appréciée, avaient fourni un matériel complet, qui permet de mener le sondage à une grande profondeur ; une machine à vapeur servait à sonner, et on faisait usage du trépan à chute libre qui a rendu si pratiques les sondages profonds. Au moyen d'un appareil spécial de MM. Degousée on pouvait prendre des échantillons d'assez grande dimension, et on les ramenait au jour dans la position exacte qu'ils avaient en place. Le diamètre de 0m,30 par lequel on a commencé le sondage n'était pas suffisant, et on se serait trouvé fort embarrassé pour le conduire jusqu'à la profondeur de 500 mètres, à cause des colonnes de tubes qu'on a dû placer en cours d'exécution et qui ont réduit successivement les limites du forage.

Voici un extrait du journal de sondage qui, avec les échantillons que j'ai l'honneur de placer sous vos yeux, indique les différentes natures de terrains traversées.

Les premières couches traversées sont des marnes rouges, compactes, très chargées d'oxyde de fer, et mélangées de fragments de grès. Ce sont les marnes irisées qui forment à Rozières la surface du sol. Jusqu'à la profondeur de 25m,90 on a traversé ces marnes rouges nettement caractérisées par la présence du gypse. On a trouvé

Marne rouge. . .	20m,00	25m,90
Plâtre.	2m,25	
Argile compacte.	1m,35	
Plâtre.	0m,75	
Argile.	1m,55	

A partir de cette profondeur, on a continué à rencontrer cette argile rouge, seulement plus ou moins dure et passant insensiblement au grès. Pendant qu'on traversait ces couches, on a éprouvé d'assez grandes difficultés par suite d'éboulements. Il a fallu placer une première colonne de tube en tube qui a été descendue jusqu'à la profondeur de 129 mètres.

A partir de ce moment le diamètre du sondage a été réduit à 0m,26. A la profondeur de 180 mètres environ le terrain est devenu beaucoup plus dur. On a cherché alors à prendre un échantillon ; c'est l'échantillon n° 1, pris à 185m,85. Il appartient, je crois, au grès bigarré. C'est une sorte de poudingue à grains fins réunis par un ciment argileux rouge, et contenant de petits noyaux gris qui peuvent être de la baryte sulfatée ou du plâtre.

A 213 mètres, l'échantillon n° 2 a été pris. C'est un grès à

grains beaucoup plus fins que le premier, à grains gris et rouges avec teinte verdâtre. C'est le grès bigarré bien caractérisé.

A 214m,70 on est retombé de nouveau sur des marnes rouges argileuses. C'est l'échantillon n° 3.

A 221 mètres nouvel échantillon (n° 4). C'est un grès à grains beaucoup plus gros que l'échantillon n° 2, et complétement imprégné de sulfate de chaux.

A 249 mètres, nouvel échantillon (n° 5). Grès tout à fait de même nature que le précédent. Le dépôt de ce grès a donc là une épaisseur d'au moins 30 mètres, sans changer de nature.

A 259 mètres, échantillon n° 6. Grès bigarré présentant les trois nuances de gris, vert et rouge. Le grès est très dur.

A 282m,35, échantillon n° 7. Grès plus rouge; la teinte verte est à peu près disparue; gros grains empâtés. On y trouve les éléments du granite. Cet échantillon est de tous points analogue au n° 4.

A cette profondeur les éboulements ont recommencé à gêner le travail. Ils provenaient de la couche de marne traversée à 214 mètres et retardaient considérablement l'avancement. On s'est décidé alors à poser une seconde colonne de tubes en tôle qui s'emboîtait dans la première et dont l'extrémité a été descendue jusqu'à la profondeur de 308m,71.

Le diamètre du sondage a été réduit à 22 centimètres.

A 321 mètres, autre échantillon qui manque à la série. C'est un grès à ciment rouge, mais plus argileux.

A la profondeur de 368 mètres, le terrain a complétement changé de nature; on a retiré de la soupape des morceaux d'un schiste argileux gris; malheureusement il n'a pas été possible, à cause des éboulements, de prendre en ce moment un échantillon complet. Nous avons regardé comme terrain houiller le terrain que nous venions d'atteindre. Ce qui est venu nous confirmer encore dans cette opinion, c'est la présence, dans les débris de soupape, de petits fragments de schistes charbonneux de quelques millimètres d'épaisseur, à cassure très brillante, constatant une couche très mince de houille.

Les échantillons nos 9 et 10 sont des débris de schiste retirés de la soupape à 370 et 375 mètres.

N° 11.—Échantillon pris à 397 mètres. Argile rouge brun compacte, peu dure, que nous rapportons toujours au terrain houiller.

N° 12. — Échantillon pris à 415 mètres. Grès de même couleur que l'échantillon précédent.

C'est le dernier échantillon qui fut pris avant la suspension des travaux de sondage.

A ce moment, on a agité la question de savoir si l'on n'avait pas traversé complétement la formation houillère, et si les échantillons nos 11 et 12 n'appartenaient pas au terrain dévonien. Quelques géologues émettaient l'avis qu'on n'avait même pas atteint le terrain houiller, et que ces derniers échantillons faisaient encore partie de la formation triasique. M. Élie de Beaumont, dont l'autorité fait loi en pareille matière, fut d'avis que les derniers échantillons, à partir du no 9, appartenaient au terrain houiller bien caractérisé, et faisaient partie de l'étage supérieur du terrain houiller correspondant au terrain houiller rouge qui existe dans certains bassins houillers. Il engagea vivement la société à continuer la recherche ; malheureusement on avait atteint une profondeur déjà considérable ; depuis plusieurs mois, et malgré deux colonnes de tubes, les travaux étaient retardés par des éboulements fréquents. Pour approfondir davantage le sondage, il devenait nécessaire de retirer la seconde colonne, d'équarrir tout le trou à 0m,26 de diamètre, et de remettre alors une colonne de même diamètre, ayant 415 mètres de hauteur. La Société découragée et indécise a reculé devant cette dépense. Une nouvelle société, formée de membres faisant déjà partie de la première, dut se former presque immédiatement pour la remplacer et reprendre le sondage de Rozières. La crise financière et industrielle, venue dans le courant de 1857, l'empêcha de se constituer, et depuis lors le sondage a été abandonné. Il serait intéressant cependant, au point de vue géologique, qu'on pût continuer un sondage au moins jusqu'à la profondeur de 500 mètres pour reconnaître plus clairement la présence du terrain houiller, et que de nouvelles recherches, à différents points, permissent de mieux reconnaître la configuration du bassin houiller de Decize. Pour ma part, je fais des vœux pour la reprise d'un travail auquel je serais heureux de continuer à participer.

Si nous revenons, messieurs, sur l'extrait du journal de sondage de Rozières que je viens d'avoir l'honneur de vous présenter, nous voyons que la formation du trias constatée à ce point atteint une profondeur de 360 mètres environ. L'épaisseur des marnes irisées proprement dites ne dépasserait guère une trentaine de mètres. Mais il est bon de remarquer que le point choisi pour l'emplacement du sondage est très près du niveau de la Loire ; il se trouve à la partie la plus basse du ruisseau de la Meule, et toutes les couches de plâtre exploitées à Saint-Léger-des-Vignes sont su-

périeures aux couches rencontrées dans le sondage à 20 et 24 m. de profondeur.

Le grès bigarré se trouverait développé en ce point sur une épaisseur de plus de 300 mètres.

Peut-être dans les échantillons mis sous vos yeux pourrait-on en rapprocher quelques-uns des arkoses du trias qui ont été souvent constatées avec les grès bigarrés.

On n'a pu constater, malheureusement, d'une manière un peu exacte le point de passage des marnes irisées aux grès bigarrés, et il eût été intéressant de reconnaître la position des couches de grès bigarrés, par rapport aux marnes irisées. Celles-ci sont sensiblement horizontales à Rozières comme dans le reste du Nivernais.

Si les derniers échantillons trouvés appartiennent au terrain houiller rouge, on démontre l'existence d'un terrain qui n'a pu être constaté jusqu'à présent dans le bassin houiller de Decize. Toutes les formations houillères reconnues dans ce bassin sont fortement inclinées du N. au S., plongeant du côté de la Loire ; le terrain houiller supérieur n'a pu affleurer et a été recouvert par le dépôt des marnes irisées. Un sondage dirigé plus au N. dans la concession de Decize, entre le puits de la Meule et Rozières, rencontrerait sans doute ce terrain à une beaucoup moindre profondeur.

Permettez-moi, en terminant, de poser une question relative à la position du sondage. En tant que recherches de houille au point de vue industriel, le sondage de Rozières était-il parfaitement choisi, et, comme espérance de réussite, ce point devait-il être préféré à tout autre ? Si j'étais compétent pour résoudre une pareille question, je dirais que d'autres positions eussent dû tenter au moins autant, si ce n'est davantage. En effet, dans ce sondage, on cherchait une couche de houille exploitable. Or, pour trouver à Rozières les couches de houille reconnues et exploitées dans la concession de Decize, il faut admettre un relevat brusque du bassin houiller. Le sondage était à peine à 6 kilomètres du Puits-Marguerite qui exploite les deux couches reconnues jusqu'ici comme supérieures, dites de la Meule. Si donc on espérait trouver ces couches, même avec un relèvement très brusque du terrain, relèvement que rien n'indique dans les travaux de la mine, on ne devrait les retrouver qu'à une profondeur beaucoup trop considérable. L'espérance qu'on pouvait avoir était donc de retrouver simplement de nouvelles couches, ayant la même inclinaison que celles de la Machine, mais supérieures à celles reconnues, et dont l'affleurement aurait été recouvert par le dépôt des marnes irisées.

Il eût peut-être été préférable, et cette idée n'a pas été aban-

donnée, de faire des recherches au N. ou à l'O. de la concession, dans les marnes irisées ou dans le lias qui recouvrent presque partout le terrain houiller. Ces recherches serviraient à la détermination de l'épaisseur et de la configuration du bassin houiller, et on aurait la chance de retrouver des couches inférieures à celles reconnues aux environs de la Machine, ou même à l'O. de retrouver le prolongement des couches déjà reconnues.

Un autre point de recherche, également fort intéressant, serait sur la rive gauche de la Loire, aux environs du village d'Anil. Le bassin de Decize doit être, comme la plupart des autres bassins, un bassin fermé, et du côté d'Anil on serait plus rapproché du relèvement probable des couches houillères. Des personnes sérieuses ont constaté, en effet, à l'E. d'Anil, des fragments de grès houiller, et on m'a assuré qu'à une faible distance on trouvait quelques pointements de granite. Ce serait un fait important à constater d'une manière certaine.

Espérons qu'un jour ou l'autre de nouvelles recherches dans ce sens seront entreprises, et souhaitons de tous nos vœux le succès à ces pionniers de la géologie.

M. Delaville fait la communication suivante :

Note sur les gisements de minerais de fer de Champ-Robert et d'Arleuf (Morvan); par M. Delaville.

Minerai de Champ-Robert. — Le minerai de fer dont l'administration du Creusot demande en ce moment la concession a été reconnu en différents points des communes de Villapourçon, Chiddes et la Roche-Millay, arrondissement de Château-Chinon, et l'espace de 20 kilomètres carrés, 91 hectares, sur lequel s'étend la concession demandée, comprend tous les points du canton où jusqu'à ce jour le minerai a été rencontré. Sur cette étendue de terrain assez considérable, cinq à six points seulement sont le siége d'exploitations; ce sont : au Nord, les environs du hameau de la Ruchette et le creux tout à fait à l'angle est de la concession; au-dessous de la Ruchette, le bois de la Charpette, commun à deux hameaux voisins; c'est là qu'est en ce moment l'exploitation la plus active; enfin à peu près au milieu, vers l'ouest de la concession, sont les travaux de Champ-Robert et de Rompos.

Les roches qui constituent le sol dans ce canton appartiennent au terrain de transition métamorphique. Ce sont des eurites ou quartzites produits sans doute par un commencement de fusion

de grès feldspathiques ou quartzeux. Ces roches sont plus ou moins altérées; souvent on rencontre une grauwacke blanche, fortement imprégnée de silice, quelquefois tout à fait sableuse. Le minerai de fer se trouve dans ces roches dont il a rempli les fissures; mais la direction des filons n'est pas encore parfaitement connue; ils semblent cependant courir généralement N. S., d'après les indications un peu grossières données par les mineurs. Dans plusieurs points, à Champ-Robert notamment, où le minerai présente une grande épaisseur, il y a eu réunion de plusieurs filons se ramifiant. La roche qui encaisse ces filons a une dureté très variable.

Le minerai est une hématite brune plus ou moins argileuse et très chargée de silice. Cette silice forme souvent, comme la meulière, une sorte de réseau, dans les interstices duquel est l'oxyde de fer. On la rencontre aussi fréquemment cristallisée, et à Rompos particulièrement on trouve beaucoup de cristaux de quartz présentant la forme de doubles pyramides à six faces. L'oxyde de fer ou l'hématite provient de la décomposition de pyrite; ce n'est pas douteux, car dans beaucoup de fragments j'ai trouvé des noyaux considérables de pyrite martiale parfaitement cristallisée. Le terrain montre partout la preuve de ce fait, et les mineurs eux-mêmes me disaient que là où l'eau gênait l'exploitation on ne trouvait jamais de soufre, c'est-à-dire que partout où les fissures du sol ont permis à l'air et à l'eau de se faire jour la décomposition a été achevée, et les cristaux de pyrite ont disparu. On rencontre dans les coupes produites par les exploitations des efflorescences salines donnant une saveur amère à l'eau provenant de l'oxydation de sulfure. J'ai rapporté un échantillon détaché de la roche encaissante près du hameau de la Ruchette; c'est une eurite compacte complétement imprégnée de pyrite de fer.

Minerai d'Arleuf. — Le minerai de fer a été rencontré dans un autre point du Morvan, à Arleuf, à 2 lieues à l'est de Château-Chinon, mais aucun travail de recherche n'a eu lieu jusqu'à ce jour. Dans un bois près du hameau des Trinquets, on trouve à mi-côte un certain nombre de morceaux plus ou moins riches de minerai, mais généralement plus riches que celui de Champ-Robert. C'est une hématite brune, compacte et très chargée de silice. Ces fragments font sans doute partie d'un filon qui se trouve à ce point, et ne paraissent pas roulés d'un point éloigné, car on les rencontre sur la hauteur, à une demi-lieue plus loin, près du village des Blondins; on retrouve également à la surface du sol des fragments de minerai de fer. Il y a là évidemment un filon qui

paraît être le prolongement des filons de Champ-Robert. Il va sans dire que les morceaux que l'on rencontre ainsi à la surface n'offre pas trace de pyrite ; mais, s'il y en avait, la décomposition est faite depuis longtemps, et rien ne dit que les travaux de recherche ne mettront pas au jour un filon pyriteux tout à fait analogue à celui de Villapourçon.

M. Delesse fait la communication suivante :

Recherches sur l'origine des roches;
par M. Delesse.

§ 1. — Les recherches sur l'origine des roches qui composent l'écorce de la terre ont pris naissance en même temps que la géologie elle-même. Basées d'abord sur des notions très incomplètes, elles devaient nécessairement conduire à l'erreur. Aussi *voit-on* prévaloir tour à tour les systèmes les plus extrêmes.

Tandis que Leibnitz, Descartes, Buffon, Hutton, Playfair, sir James Hall, Dolomieu, Desmarets, attribuent aux roches éruptives une origine ignée, Bernard Palissy, Werner, Kirwan, Mohs, Jameson, leur attribuent au contraire une origine aqueuse.

Les roches volcaniques seules sont, d'un commun accord, mises hors de cause, leur origine étant regardée comme évidente.

Dans ces systèmes exclusifs, une roche éruptive est nécessairement formée par l'eau ou par le feu ; il semble qu'aucune autre alternative ne puisse être admise.

Les études que j'ai entreprises depuis longtemps sur les roches m'ont naturellement conduit à m'occuper de leur origine. Ce sujet si délicat a été traité de nos jours par des géologues éminents, parmi lesquels je citerai spécialement MM. de Humboldt, Élie de Beaumont, Lyell, Murchison, Naumann, G. Bischof, Dana, Daubeny, Poulet Scrope, Sedgwick, Philipps, Hopkins, de Leonhard, B. Cotta, Sorby, Studer, Haussmann, Boué, Keilhau, Fournet, Angelot, Virlet, Durocher, Scheerer, Bunsen, Rogers.

Les systèmes les plus opposés sont encore en présence, comme aux premiers temps de la géologie, en sorte que le champ reste entièrement libre aux conjectures ; il m'était donc facile de laisser de côté toute idée préconçue, et d'adopter les diverses hypothèses qui s'acordaient le mieux avec les faits. Je vais exposer sommairement les résultats auxquels j'ai été conduit.

CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES.

§ 2. — Lorsqu'on veut remonter à l'origine des roches, il est nécessaire de rechercher d'abord les différentes causes qui ont pu concourir à leur formation. Il faut donc étudier celles qui, dans l'intérieur de la terre, rendent les roches plastiques, et en général toutes celles qui tendent à développer des minéraux.

Ces causes sont : la chaleur, l'eau, la pression, les actions moléculaires.

§ 3. — *Chaleur.* — Il est bien visible que la chaleur peut contribuer à la formation des roches éruptives. Les volcans brûlants qui rejettent les laves à l'état de fusion ignée nous en donnent une preuve irrécusable.

Lors même que la chaleur n'est pas assez intense pour rendre une roche complétement plastique, elle peut cependant permettre aux substances qui la composent de se combiner entre elles, et alors elle détermine le développement de minéraux.

Quand on soumet à une forte chaleur les différentes roches éruptives, l'expérience apprend qu'elles sont ramollies, et même le plus souvent liquéfiées. Mais en se refroidissant, elles donnent généralement des verres, ou bien elles prennent des caractères très différents de ceux qu'elles offraient d'abord. Il n'y a d'exception à faire à cet égard que pour les roches volcaniques.

En outre, la chaleur nécessaire pour les fondre est bien supérieure à celle des laves. Beaucoup de roches éruptives sont même simplement agglutinées par une chaleur qui serait plus que suffisante pour amener toutes les laves à une fusion complète. C'est ce qui a lieu notamment pour la serpentine et les roches très riches en magnésie, ainsi que pour le granite et les roches essentiellement formées d'orthose et de quartz.

Mais il importe surtout dans cette étude préliminaire d'appeler l'attention sur les caractères présentés par les roches qui ont incontestablement une origine ignée. Ces caractères sont en effet spéciaux, bien tranchés, et impriment aux roches volcaniques un cachet indélébile.

Signalons tout d'abord la structure celluleuse. Bien qu'elle soit plus ou moins visible, elle apparaît toujours quand on examine une roche volcanique à la loupe, et jamais elle ne fait complétement défaut. Du reste, elle résulte soit d'un dégagement de gaz, soit d'un retrait de la matière fondue.

Observons aussi que les minéraux des roches volcaniques et surtout des laves, ont généralement l'éclat vitreux.

Ils peuvent, en outre, être fendillés et traversés par une multitude de fissures. C'est ce que l'on constate facilement dans les feldspaths, l'amphigène, le péridot, l'augite, l'hornblende.

Maintenant, bien que les laves soient quelquefois très cristallines, elles le sont généralement beaucoup moins que les roches qui ne paraissent pas avoir été amenées à l'état de fusion. Et même, quand elles présentent des traces bien évidentes de coulée, on y distingue toujours un résidu de cristallisation qui enveloppe leurs minéraux et forme ce que l'on appelle leur pâte.

Dans diverses circonstances, cette pâte peut prendre l'éclat vitreux, comme on le voit à la partie inférieure des coulées et aux salebandes de certains filons. Enfin quelques roches regardées comme volcaniques, telles que l'obsidienne et le retinite, ont un éclat vitreux bien prononcé qui s'étend à leur pâte tout entière.

Il est bien vrai que l'existence de l'un ou de l'autre de ces caractères n'accusera pas nécessairement une origine ignée; car toute roche ayant fait éruption à l'état liquide offrirait une pâte. D'un autre côté les minéraux d'origine aqueuse peuvent aussi présenter l'éclat vitreux ; c'est notamment ce qui a lieu pour le quartz qui s'est formé dans les terrains stratifiés. Quant à la structure celluleuse, elle s'observe quelquefois dans des roches qui n'ont pas une origine ignée, et on la retrouve jusque dans des dykes d'argile ; elle indique alors un dégagement de gaz dans une matière plastique. La chaleur a bien pu contribuer à produire cette structure celluleuse, mais cependant elle n'a joué qu'un rôle très secondaire.

Les laves ont d'ailleurs des caractères assez difficiles à définir, mais qui ne permettent pas de les confondre avec aucune autre roche éruptive. De toutes les roches, ce sont même les plus faciles à reconnaître. Lors donc qu'une roche éruptive présentera la structure celluleuse et des traces de coulées, lorsqu'en même temps ses minéraux auront l'éclat vitreux, il faudra nécessairement admettre qu'elle a une origine ignée, c'est-à-dire que la chaleur est la cause principale de sa formation.

Je ferai remarquer maintenant que les roches éruptives demandent généralement une chaleur bien supérieure à celle des laves pour être, non pas fondues, mais simplement ramollies ; que, d'un autre côté, les roches présentant d'une manière bien évidente des traces de fusion ignée sont assez rares dans l'écorce terrestre; par suite, c'est seulement dans des circonstances exceptionnelles que la chaleur a joué le rôle principal dans la formation des roches éruptives.

Il devient alors nécessaire de passer en revue les autres causes qui ont contribué à la formation de ces roches, et nous allons d'abord nous occuper de l'eau qui réclame une attention toute spéciale.

§ 4. — *Eau.* — Lorsqu'on pénètre à l'intérieur de la terre, on y rencontre généralement de l'eau. Cette eau souterraine forme des nappes qui sont souvent étagées l'une au-dessus de l'autre, et qui se continuent jusqu'à de très grandes profondeurs. Elle représente certainement une portion très notable de l'eau qui existe sur notre planète. Elle est d'ailleurs tout à fait cachée; c'est sans doute pour ce motif qu'elle n'a pas attiré l'attention et que les géologues ne lui ont pas accordé toute l'importance qu'elle mérite.

Il est visible cependant, comme l'a fait remarquer M. Bischof, qu'elle doit intervenir dans tous les phénomènes qui se produisent à l'intérieur de la terre.

Cherchons donc à apprécier les effets de cette eau souterraine.

D'abord, à mesure qu'elle pénètre dans le sol, sa température va en s'élevant successivement; les matières qu'elle tient en dissolution augmentent peu à peu avec la profondeur, et lorsque sa température est très élevée, elle doit exercer des réactions chimiques très énergiques sur les roches avec lesquelles elle se trouve en contact. A toutes les profondeurs, les matières qu'elle renferme peuvent facilement obéir aux actions moléculaires qui les sollicitent; les circonstances les plus favorables se trouvent donc réunies pour qu'il se développe des minéraux.

Ainsi, par l'infiltration à une température ordinaire, et surtout à une température élevée, l'eau forme des minéraux dans les roches.

Mais nous allons voir qu'elle peut en outre rendre les roches plastiques.

§ 5. — *Une roche renferme de l'eau lorsqu'elle est à l'intérieur de la terre.* — Remarquons, en effet, qu'une roche desséchée à l'air libre, telle que nous la voyons dans nos collections, présente des caractères tout différents de ceux qu'elle a dans la nature.

Dans l'intérieur de la terre, elle est constamment soumise à l'infiltration ou tout au moins imbibée par l'humidité; car la capillarité fait pénétrer l'eau jusque dans ses pores les plus ténus.

Dans nos collections au contraire, elle est à un état que l'on peut appeler exceptionnel et qui ne donne même qu'une idée assez imparfaite de son état réel. Sa cohésion a beaucoup augmenté, et souvent aussi sa couleur a changé. Cela tient à ce qu'elle est alors

desséchée et à ce qu'elle a perdu l'eau qui l'imbibait; en sorte qu'il ne lui reste le plus souvent que l'eau combinée.

Des expériences faites sous la direction de sir Henry de la Bèche, montrent que les roches étant plongées dans l'eau peuvent en absorber une proportion très grande. Si l'on appelle pouvoir absorbant le volume d'eau qui est retenu par l'unité de volume de la roche considérée, on trouve que pour le grès il varie de 7 à 11, pour le calcaire oolitique de 13 à 16, pour le calaire magnésien (Magnesian limestone) de 7 à 23; pour la craie, il s'élève jusqu'à 33. Les résultats qui précèdent s'appliquent spécialement aux matériaux de construction employés à Londres. Du reste, le pouvoir absorbant d'une roche doit dépendre non-seulement de sa porosité et de son état physique, mais encore de sa composition. Il est très grand lorsque la roche est argileuse et même dès qu'elle est simplement mélangée d'argile.

Ainsi, il est bien certain qu'une roche renferme toujours une quantité d'eau plus grande lorsqu'elle est à l'intérieur de la terre que lorsqu'elle est dans nos collections.

J'ajouterai maintenant que si l'on rencontre une roche anhydre, on ne sera pas en droit d'en conclure qu'elle ne s'est pas formée en présence de l'eau. On vient de voir, en effet, qu'elle peut renfermer une proportion d'eau très notable dans l'intérieur de la terre. En outre, des minéraux anhydres se forment très bien dans l'eau et nous en avons un exemple dans le quartz.

Si nous appliquons ces considérations au granite, nous serons conduits à admettre, dès à présent, qu'il n'y a aucune impossibilité à ce qu'il se soit formé en présence de l'eau, bien qu'il n'en retienne qu'une très petite quantité.

§ 6. — *Une roche fusible ou infusible peut devenir plastique par l'action de l'eau.* — Tout le monde sait que lorsqu'une roche est imprégnée d'eau elle perd de sa ténacité, et que, dans certains cas, elle peut même devenir entièrement plastique.

Bien que ce fait soit vulgaire, on ne lui a peut-être pas accordé toute l'attention qu'il mérite. Il importe donc de faire voir qu'il est très général et qu'il s'applique à toute espèce de roches.

Si l'on considère d'abord une argile, l'expérience de tous les jours apprend qu'elle est dure, lithoïde et susceptible d'être pulvérisée quand elle est desséchée; tandis qu'elle est entièrement plastique quand elle est humide. La vase argileuse ou marneuse de nos rivières est très molle et même entièrement fluide; mais desséchée et légèrement comprimée, elle change entièrement de caractère et elle devient tout à fait pierreuse. Ses parcelles se sont alors

cimentées de la manière la plus intime ; elle a acquis de la dureté et une assez grande ténacité ; ses propriétés la rapprochent tout à fait du schiste argileux.

Le calcaire présente des différences analogues ; car dans l'intérieur d'une carrière souterraine on peut égrener non-seulement un calcaire friable comme la craie, mais encore un calcaire qui prend une très grande cohésion lorsqu'il a été desséché par une longue exposition à l'air.

Il en est de même pour les roches siliceuses, et la silice est assurément l'une des substances minérales qui se ramollissent le plus par l'action de l'eau. Les grès et les poudingues quartzeux nous en fournissent une preuve ; car on y observe assez fréquemment des cailloux qui sont visiblement déformés, aplatis et écrasés, comme cela aurait eu lieu pour une matière pâteuse.

Tout le monde sait d'ailleurs que le silex, qui devient tenace, lorsqu'il est desséché, se taille avec une grande facilité au moment où on le sort de la carrière.

Je citerai encore l'opale, qui, lorsqu'on l'exploite, est quelquefois à un grand état de mollesse.

Ebelmen a constaté de plus que la silice provenant de l'éther silicique forme d'abord une gelée très légère dont la densité et la dureté vont en augmentant successivement et finissent par se rapprocher de celles du quartz à mesure que se dégage l'eau qui s'y trouve contenue.

Si l'on passe maintenant aux roches éruptives, il est facile de constater que l'eau qui les imprègne leur fait aussi éprouver un ramollissement.

En effet, le granite, qui est si dur et si tenace lorsqu'il est desséché par une longue exposition à l'air, se laisse cependant tailler assez facilement dans les mines et même dans les carrières à ciel ouvert. Sur le bord de la mer, son ramollissement est d'ailleurs tellement grand qu'il peut être creusé et corrodé par les oursins et par les coquilles perforantes. Les trous qu'on y observe sont alors extrêmement nets et atteignent quelquefois la profondeur d'un décimètre.

Les roches trappéennes nous offrent surtout des faits très remarquables. Ainsi la Latérite, qui est un trapp décomposé, fournit une pierre à bâtir qui s'emploie beaucoup dans l'Inde, où on la recherche pour toute espèce de constructions ; on s'en sert même pour les ponts et pour les monuments qui doivent avoir la plus grande durée. Or, dans les carrières, et tant qu'elle est humide, elle est extrêmement tendre ; elle se laisse très facilement couper et façonner sous

toutes les formes. On peut aussi la perforer et même en faire des tuyaux destinés à la conduite des eaux.

Une roche trappéenne qui est à l'état complétement lithoïde quand elle est sèche, peut donc devenir presque plastique quand elle est humide.

J'ajouterai maintenant que si l'on porphyrise du basalte avec de l'eau et qu'on laisse la pâte obtenue se dessécher à l'air, elle prend peu à peu de la cohésion et elle finit par passer à l'état pierreux (1).

Du reste, l'industrie du moulage de la lave qui s'est établie à Naples est basée sur la même propriété. Cette industrie consiste à réduire en poudre très fine différentes laves provenant du Vésuve et à les délayer avec une petite quantité d'eau; la matière est ensuite introduite dans des moules et fortement comprimée; elle perd alors de son eau, et elle prend une cohésion assez grande pour qu'on puisse la façonner en objets d'ornement (2). Ici le jeu des actions moléculaires est d'ailleurs favorisé par la pression.

— Le ramollissement qu'une roche subit dans l'eau dépend assurément de sa composition, mais il est bon d'observer qu'il est tout à fait indépendant de sa fusibilité; car les roches les plus infusibles, telles que le quartz, l'argile, la serpentine, peuvent être ramollies par l'eau. L'anthracite, qui est également infusible, puisque c'est du carbone presque pur, est souvent devenu assez mou pour prendre des formes ondulées et pour remplir des cavités ou des veinules. On voit donc que l'eau peut ramollir les roches les plus infusibles qui sont précisément celles sur lesquelles la chaleur exerce la moindre action.

— En résumé, lorsqu'une roche fusible ou infusible est imprégnée d'eau, elle éprouve toujours un certain ramollissement et quelquefois même elle devient entièrement plastique.

Réciproquement, lorsqu'elle perd de l'eau, elle devient au contraire plus ou moins lithoïde.

Cette action exercée par l'eau sur les propriétés physiques des roches est extrêmement importante à considérer, et elle ne doit pas être perdue un seul instant de vue dans des recherches comme celles qui nous occupent. Car, dans l'intérieur de la terre, toutes les roches sont humides, et par conséquent très différentes de ce qu'elles sont à la surface. L'état sous lequel nous les connaissons dans nos collections est même en quelque sorte exceptionnel.

---

(1) J. Liebig et H. Kopp, *Jahresbericht*, 1854, p. 890 : A. Bensch.
(2) Journal *l'Ingénieur*, 1858.

A une petite profondeur, l'eau est d'ailleurs secondée par la chaleur et par la pression, par suite, ces trois causes réunies doivent concourir à amener les roches à l'état plastique.

§ 7. — *Pression.* — La pression, comme l'observe avec raison M. Naumann, a nécessairement exercé de l'influence sur la formation des minéraux et des roches qui composent l'écorce terrestre (1). On comprend, en effet, que dans l'intérieur de la terre les roches sont soumises à une pression très considérable due à l'épaisseur des terrains qui les recouvrent.

Si l'on considère maintenant les roches éruptives, elles ont supporté des pressions considérables résultant de la force même qui les élevait à la surface. Elles ont aussi été comprimées par des pressions latérales produites sur leurs parois par la roche encaissante.

Le soulèvement des montagnes, qui a eu lieu quelquefois sur une échelle gigantesque et qui a ramené à la surface de la terre des roches se trouvant à une très grande profondeur, a surtout développé d'énormes pressions.

Une expérience intéressante, mentionnée par sir Charles Lyell, permet d'apprécier toute l'importance de la pression dans les phénomènes géologiques (2). En effet, quand on comprime très fortement de la poudre de graphite, il est possible de la cimenter si complètement qu'elle offre la même cohésion que le graphite naturel. Les actions moléculaires agissent alors comme lorsqu'on presse l'une contre l'autre deux balles de plomb, et elles déterminent l'adhérence de toutes les parties.

Si la pression seule produit des effets aussi remarquables, on comprend qu'il en sera à plus forte raison de même quand elle sera secondée par la chaleur. Ainsi, en soumettant un mélange de houille menue et de goudron à l'influence de la pression et de la chaleur, on obtient à Saint-Étienne un combustible très compacte connu sous le nom d'*aggloméré*. L'anthracite lui-même, lorsqu'il est mélangé à froid avec 10 pour 100 de goudron des usines à gaz et soumis à une forte pression, peut également donner un *aggloméré*. Traité de cette manière et desséché ensuite pendant vingt-quatre heures à une température de 280 degrés, l'anthracite de La Mure, par exemple, donne un combustible qui renferme 9 pour 100 de matières volatiles.

Il importe d'observer que les actions moléculaires mises en jeu

(1) C.-F. Naumann : *Lehrbuch der Geognosie.*
(2) *Manuel de géologie élémentaire*, 5e édit., t. I, p. 62.

par la pression s'exercent, quelles que soient la composition et la fusibilité des substances minérales. Le graphite, en particulier, est complétement infusible. On peut penser, d'après cela, que les grès quartzeux dans lesquels il n'existe aucun ciment visible, ont leurs grains qui sont soudés l'un à l'autre par la pression.

Que la pression ait été permanente ou accidentelle, il est certain qu'elle a changé les caractères des roches sur lesquelles elle s'exerçait. Elle a altéré leurs propriétés physiques. D'un autre côté, elle a rapproché des substances jusqu'au contact; elle a permis le jeu des actions moléculaires et le développement de minéraux; par suite, elle a pu modifier aussi la composition minéralogique des roches.

Dans des recherches sur l'origine des roches, il est donc nécessaire d'en tenir compte, et ses effets sont venus s'ajouter à ceux de la chaleur et de l'eau.

Comme les roches éruptives d'origine ignée sont des silicates dont le volume se contracte dans la cristallisation, il résulte d'ailleurs d'un théorème de Carnot que, toutes choses égales, la pression doit tendre à élever la température à laquelle elles se solidifient, et par suite à diminuer leur plasticité (1).

§ 8. — *Actions moléculaires.* — Les actions moléculaires ont aussi contribué, soit à former les roches, soit à les métamorphoser. Toutefois il convient de les considérer seulement comme des causes secondaires, car elles paraissent surtout mises en jeu par la chaleur, par l'eau et par la pression. L'électricité elle-même qui accompagne et provoque la mise en jeu des actions moléculaires, paraît résulter de ces causes premières.

Ce sont les actions moléculaires qui engendrent les minéraux composant les roches. Elles s'exercent d'ailleurs quand les substances minérales sont à l'état gazeux, liquide ou solide.

Quand des substances minérales à l'*état gazeux* sont mises en présence, les conditions les plus favorables au développement de minéraux se trouvent alors réunies. Ces conditions se présentent lorsque des roches sont pénétrées par des gaz ou par des substances entraînées dans la volatilisation; alors des minéraux cristallisent par sublimation, tapissent leurs cavités ou leurs fissures, et même les imprègnent de la manière la plus intime.

Les minéraux peuvent encore cristalliser très facilement, quand

(1) Voyez les travaux sur la fusion des roches, publiés par MM. Bischof, Ch. Deville, Delesse, et *Annales des mines*, 1851, t. XIX, p. 259.

les substances minérales sont amenées à l'*état liquide*. C'est ce qui a lieu, lorsqu'elles entrent en dissolution dans l'eau, ou bien lorsqu'elles sont fondues par la chaleur. Comme la chaleur et l'eau se rencontrent à l'intérieur de la terre, ces deux causes doivent d'ailleurs contribuer simultanément à produire la liquéfaction; pour les substances qui se dilatent en se solidifiant, elles peuvent aussi être secondées par la pression.

La fluidité est la plus grande possible lorsque les substances minérales sont tenues en dissolution dans l'eau. Les actions moléculaires s'exercent alors librement; aussi les minéraux qui se forment sont encore en cristaux très nets et ils tapissent généralement des cavités. La plupart des roches constituant les gîtes métallifères résultent de la cristallisation de substances minérales qui se trouvaient en dissolution dans l'eau ou qui étaient à l'état gazeux.

Lorsque la fluidité des substances minérales est due à l'action de la chaleur, qu'elle soit ou non combinée à celle de l'eau, les roches qui se forment n'ont généralement pas une structure cristalline très développée. On peut le vérifier facilement, en examinant les roches qui se montrent en nappes ou en coulées, telles que les basaltes, les trapps, les trachytes, et en général les laves. Elles ne présentent pas un agrégat de cristaux comme les roches des gîtes métallifères, mais on y distingue une pâte qui est généralement en proportion très notable.

C'est d'ailleurs ce qui a lieu également pour les silicates qui sont fondus dans nos usines. Ordinairement ils donnent des scories, et c'est seulement par exception qu'il s'y développe quelques cristaux; ils restent le plus souvent à l'état de pâte, même lorsqu'on les soumet à un refroidissement lent.

On peut donc conclure des remarques précédentes que l'état liquide permet le jeu des actions moléculaires et la formation de minéraux. Mais, à moins d'une entière dissolution, il ne paraît pas très favorable à un développement complet de la structure cristalline; car les roches qui ont été liquéfiées par la chaleur ou par l'eau sont généralement restées en partie à l'état de pâte.

La structure cristalline peut encore se développer même dans les substances qui restent à l'*état solide* ou du moins dans celles qui prennent un degré très faible de plasticité. La chimie nous en offre de nombreux exemples. Citons notamment la cémentation. Citons aussi les changements moléculaires qui, d'après les observations de M. Mitscherlich, s'opèrent dans certains corps solides cristallisés. Remarquons que le fer soumis à des ébranlements peut prendre une structure non-seulement grenue, mais entière-

ment cristalline. M. Kohn a même déterminé le nombre de torsions qui était nécessaire pour faire cristalliser le fer amorphe (1).

On sait que le verre recuit et chauffé à une température inférieure à celle de sa fusion, se dévitrifie et prend la structure cristalline.

Enfin, récemment MM. Hermann et Ginanni ont signalé la formation de cristaux de quartz sur des échantillons de silice amorphe qui avaient été conservés dans des collections. Une masse blanche plastique, recueillie entre les prismes du basalte de Stolpen, s'est également changée peu à peu et spontanément en un agrégat d'aiguilles cristallines semblables à la Skolézite (2).

Il est donc bien évident que la structure cristalline peut se développer dans les roches, même lorsqu'elles sont à l'état solide.

Il importe d'ailleurs de remarquer que la différence entre l'état solide et l'état liquide, ou du moins plastique, n'est pas aussi grande qu'on serait tenté de le croire au premier abord. C'est ce qui devient surtout bien sensible lorsqu'on considère les roches en grandes masses. Ainsi la glace qui est un corps solide se comporte dans les glaciers comme si elle était entièrement plastique; elle se moule sur toutes les anfractuosités des vallées au fond desquelles elle s'accumule, et elle descend à peu près comme le ferait un liquide très visqueux.

D'un autre côté, il est bien certain que la structure cristalline peut se développer dans des roches, même lorsqu'elles font éruption à l'état solide. Ce paradoxe apparent est pleinement confirmé par l'étude des Alpes. En effet, M. Élie de Beaumont a fait observer que les granites des Alpes se dressent sous la forme d'aiguilles très élancées; il est donc évident qu'ils étaient à l'état solide au moment de leur éruption. Cependant leur structure cristalline est beaucoup plus développée dans le centre que vers les bords des massifs. Dans l'Oisans, au contact immédiat du terrain jurassique, le granite perd même toute structure cristalline et passe à un véritable pétrosilex. Il est donc évident que la structure cristalline peut se développer dans le granite, même lorsqu'il paraît être entièrement à l'état solide.

Ce qui vient d'être dit du granite s'appliquerait à toute espèce de roche éruptive.

J'ajouterai maintenant que la structure cristalline d'une roche n'est pas d'autant plus développée que sa fluidité est plus grande;

(1) *Jahresbericht* de M. Hermann Kopp, 1857, p. 180.
(2) *Jahresbericht* de M. Hermann Kopp, 1857, p. 651.

souvent même c'est tout l'inverse qui a lieu. Ainsi, les laves et les roches volcaniques ou trappéennes qui ont été très fluides, sont généralement peu cristallines; elles laissent voir une pâte ou un résidu de cristallisation.

Les roches granitiques, au contraire, nous offrent le type de la structure cristalline la plus développée. Il arrive même fréquemment qu'elles présentent un agrégat de minéraux et qu'on n'y distingue plus de pâte. Dans le granite, la pegmatite et la syénite, les minéraux atteignent en outre de très grandes dimensions. Et cependant ces roches n'ont jamais coulé; elles étaient beaucoup moins fluides que les laves et les roches trappéennes. Elles sont même restées à l'état solide ou légèrement plastique, comme cela a certainement eu lieu lorsqu'elles forment, soit des dômes, soit des aiguilles.

L'étude des roches nous montre donc que la structure cristalline n'est pas la plus développée dans celles qui ont fait éruption à l'état liquide; il peut arriver que ce soit, au contraire, dans celles qui étaient légèrement plastiques et qui différaient peu de l'état solide.

En résumé, les causes qui tendent à former les minéraux, et par suite les roches sont extrêmement variées. Ces causes sont surtout la chaleur, l'eau, la pression, et en général toutes celles qui mettent en jeu les actions moléculaires. Elles ont quelquefois agi isolément, mais souvent, au contraire, elles étaient réunies. Un même minéral peut d'ailleurs résulter de causes entièrement différentes, telles que la chaleur et l'eau. Il sera facile de le démontrer en passant en revue les minéraux obtenus artificiellement.

§ 9. — *Un même minéral peut avoir une origine aqueuse ou ignée.* — On a toujours attaché, et avec raison, une grande importance à la production artificielle des minéraux, et, à l'aide de méthodes très ingénieuses, on a cherché à les faire cristalliser avec les caractères qu'ils présentent dans la nature.

Il faut remarquer cependant qu'il n'est aucunement nécessaire de reproduire un minéral pour être assuré qu'il a une origine aqueuse ou ignée. Ainsi quand des minéraux, comme le quartz et la chaux carbonatée, ont cristallisé au milieu de terrains stratifiés renfermant des fossiles qui ne pouvaient vivre que dans l'eau, on ne saurait leur refuser une origine aqueuse; de même, les minéraux, tels que l'augite et le péridot, qui se sont développés dans les laves rejetées maintenant par les volcans brûlants, ont incontestablement une origine ignée.

Depuis les belles expériences de sir James Hall, les recherches

sur la production artificielle des minéraux ont été très multipliés et souvent couronnées de succès. Parmi les savants qui les ont entreprises dans ces derniers temps, je citerai spécialement MM. Haussmann, Mitscherlich, Berthier, Fuchs, de Léonhard, Becquerel, Ebelmen, de Sénarmont, Daubrée, G. Bischof, Wöhler, Bunsen, Percy, Durocher, Manross, B. Cotta, Charles Deville, Damour, Caron, et surtout dans ces derniers temps M. Henry Deville.

Mais la portée des résultats obtenus a été fréquemment exagérée; car de ce qu'un minéral avait été obtenu par voie sèche ou par voie humide, on en concluait généralement qu'il avait un mode exclusif de formation.

Il est facile de voir cependant qu'un même minéral peut avoir tantôt une origine aqueuse, tantôt une origine ignée.

Pour nous en assurer, nous allons passer rapidement en revue les principales espèces minérales qui ont été reproduites artificiellement; nous considérerons donc successivement, les corps simples, les sulfures, les oxydes, les carbonates, les sulfates, divers sels, et enfin les silicates.

Que l'on prenne d'abord comme exemple le soufre parmi les *corps simples*. Ne le voit-on pas imprégner les roches volcaniques par sublimation, et se former par l'action de la chaleur? D'un autre côté, dans les terrains stratifiés qui contiennent des sulfates ou des composés sulfurés, il est souvent réduit par des matières organiques et il se forme alors par l'action de l'eau.

Les métaux se fabriquent généralement dans nos usines par la voie sèche; mais, dans le laboratoire, on les obtient plus facilement par la voie humide. Les caractères des filons dans lesquels on les trouve indiquent d'ailleurs qu'ils se sont formés le plus souvent par cette dernière voie.

Si l'on passe aux *sulfures*, ils s'obtiennent à la fois par voie humide et par voie sèche. Ainsi la galène cristallise à la surface des tas, lorsque les minerais de plomb sont soumis au grillage; elle cristallise également dans la maçonnerie des fourneaux à manche ou à réverbère qui servent à la fondre. D'un autre côté, à Tarnowitz, elle se montre en couches au milieu des terrains stratifiés; or, il est bien visible que dans ce gisement, de même que dans la plupart des filons dans lesquels on l'exploite, elle s'est, au contraire, formée par voie humide.

Les *oxydes* résistent généralement bien à l'action de la chaleur, et ils cristallisent très aisément par voie sèche. Dans ces derniers temps, on en a obtenu un très grand nombre; mais il faut remar-

quer qu'ils peuvent aussi se former par voie humide. Par exemple, le fer oxydulé qui cristallise dans le grillage des minerais, se rencontre quelquefois dans des terrains stratifiés et fossilifères dans lesquels il résulte nécessairement de l'action de l'eau. Il en est de même pour le fer oligiste qui se trouve en couches dans les terrains stratifiés, et qui s'est alors formé par voie humide, tandis qu'il se produit aussi par voie sèche dans les volcans, ainsi que nous l'apprend la belle expérience de Gay-Lussac.

Les *carbonates* peuvent, il est vrai, cristalliser par l'action de la chaleur, comme l'a très bien démontré sir James Hall; mais il me paraît qu'on a beaucoup exagéré l'importance de ce fait, qui servait de point d'appui à la théorie de Hutton. Nous voyons, en effet, le calcaire cristalliser dans les terrains non métamorphiques, en produisant des stalactites ou bien en tapissant des cavités; on ne saurait douter cependant qu'il ne se soit alors formé par l'action de l'eau. De plus, des couches de calcaire qui appartiennent à des terrains très récents et qui sont loin de toute roche éruptive, peuvent également prendre la structure cristalline.

Si nous considérons maintenant les *sulfates*, nous en trouvons bien quelques-uns qui résultent d'une sublimation et qui imprègnent les roches volcaniques; citons, par exemple, l'alunite et même le gypse qui s'observe près de l'orifice des *soffioni* de la Toscane; mais l'eau n'est pas exclue de ces réactions, même lorsque les sulfates se sont formés avec l'intervention de la chaleur et par sublimation. D'ailleurs le gypse se présente le plus souvent en couches dans les terrains stratifiés : alors il est bien visible que son origine est essentiellement aqueuse.

Une origine mixte peut également être attribuée aux chlorures, aux fluorures, aux phosphates, aux arséniates, et en général aux minéraux qu'on trouve dans les gîtes métallifères. Cependant le plus généralement l'eau est l'agent principal de leur formation; c'est pour ainsi dire par accident que quelques-uns de ces minéraux se rencontrent dans les cavités des laves ou dans les roches dont l'origine ignée est bien certaine.

J'arrive maintenant aux *silicates*. Ils sont très peu solubles ou presque insolubles, et, à cause de cette circonstance, on est plus naturellement porté à leur attribuer une origine ignée. Toutefois, lorsqu'ils contiennent de l'eau, comme les zéolithes et la serpentine, il faut nécessairement admettre que l'eau a joué un rôle dans leur formation.

Indépendamment des hydrosilicates, les silicates anhydres peuvent eux-mêmes avoir une origine aqueuse.

D'abord le quartz ou la silice pure est extrêmement fréquent dans les terrains stratifiés, dans lesquels il se montre même en cristaux bipyramidés; or, il est visible qu'il s'est formé alors par voie humide. Au contraire, dans les roches amenées à l'état de fusion par la chaleur et présentant comme les laves des traces de coulée, le quartz est toujours rare, et le plus souvent il manque complétement.

Que l'on prenne maintenant le feldspath. Il peut assurément se former par voie sèche, puisqu'il s'observe dans les laves modernes. On l'a d'ailleurs obtenu par sublimation sur les parois d'un fourneau à cuivre de Sangerhausen. Mais son développement dans des terrains stratifiés contenant encore des fossiles et ne portant aucune trace de fusion, démontre bien qu'il s'est aussi formé par voie humide.

De même le mica s'observe dans les roches volcaniques qui ont été amenées à l'état de fusion par la chaleur; ainsi le mica ferromagnésien a été signalé dans la lave du Vésuve de 1821. D'un autre côté, d'après MM. Blum, Bischof, G. Rose, le mica peut aussi se former par pseudomorphose. De plus, l'étude des roches métamorphiques nous démontre que le mica s'est développé dans des roches stratifiées, telles que le schiste ardoisier et les schistes cristallins, dans lesquelles on observe encore des fossiles et qui n'ont certainement pas été fondus; il faut donc reconnaître que le mica peut également se former par voie humide.

Il est certains silicates auxquels on est surtout porté à attribuer une origine exclusivement ignée; je citerai notamment le péridot, l'augite, le grenat.

Au premier abord, cette conclusion semble très légitime, car ces minéraux se développent dans les scories de forges et de hauts fourneaux; en outre, ils sont très fréquents dans les laves et dans les roches dont l'origine ignée est la moins contestable.

Mais si ces minéraux n'ont pas été obtenus par l'action exclusive de l'eau, ils s'observent cependant dans des roches dans la formation desquelles la chaleur ne jouait plus le rôle principal.

En effet, le péridot (glinkite) se trouve accidentellement dans les roches granitiques, et M. G. Rose l'a signalé en gros cristaux dans une roche hydratée, le schiste talqueux. La batrachite, qui est un péridot hydraté à base de chaux et de magnésie, s'est développée dans le calcaire métamorphique du Tyrol. Enfin la fayalite, qui est un péridot à base de fer, s'est formée dans le granite du Mourne-Mountain, en Irlande.

D'un autre côté, le pyroxène se rencontre souvent dans des

roches non volcaniques, notamment dans le gneiss. Il en est de même pour le grenat qui s'est formé dans toute espèce de roches, et particulièrement dans des roches très hydratées, telles que la serpentine.

Il faut remarquer toutefois que le péridot, l'augite et le grenat présentent des caractères spéciaux dans les roches volcaniques; ils ont, en particulier, un éclat vitreux très vif qui ne permettra pas à un minéralogiste exercé de les confondre avec les mêmes minéraux provenant des roches non volcaniques. C'est donc seulement quand une roche renfermera du péridot, de l'augite et du grenat ayant les mêmes caractères que dans les roches volcaniques, qu'il y aura lieu de croire qu'elle s'est formée par l'intermédiaire de la chaleur.

En résumé, les développements dans lesquels je viens d'entrer font voir qu'un même minéral peut avoir, tantôt une origine aqueuse, tantôt une origine ignée; par suite, son origine peut aussi être mixte.

Il est d'ailleurs facile de comprendre pourquoi il en est ainsi; car les actions chimiques ou moléculaires qui donnent naissance à un minéral s'exercent, soit en présence de la chaleur, soit en présence de l'eau.

Mais, par une circonstance heureuse, un même minéral présente de très grandes différences dans ses caractères, selon les roches dans lesquelles il s'est développé. Il suffit, pour apprécier ces différences, de comparer l'orthose vitreux du trachyte avec l'orthose du granite; l'augite des roches volcaniques avec le pyroxène diopside ou sahlite; l'hornblende du basalte et du phonolithe avec l'amphibole trémolite ou actinote; le péridot des laves avec la batrachite.

Les caractères tout spéciaux que prend chaque minéral suivant qu'il s'est formé en présence de la chaleur ou en présence de l'eau, viennent donc révéler son origine.

§ 10. — *L'ordre de solidification des minéraux qui composent une roche n'est pas celui de leur fusibilité.* — Les considérations qui précèdent permettent de comprendre facilement pourquoi dans une roche l'ordre de solidification des minéraux n'est pas celui de la fusibilité.

Il est d'abord très aisé de constater ce fait; car dans le granite, par exemple, les minéraux se sont solidifiés dans l'ordre suivant : micas, feldspaths, quartz; or, c'est à peu près l'ordre inverse de leur fusibilité.

Dans la lave, notamment dans celle du Vésuve, M. Breithaupt

a constaté que le mica, l'augite, le labrador et même la soda ont précédé l'amphigène qui est cependant infusible.

Du reste, si des minéraux infusibles peuvent se former dans roches fondues, ils s'observent surtout dans des roches qui me paraissent ne l'avoir jamais été. Il suffira de citer comme exemp les roches métamorphiques qui contiennent du quartz, du di thène, de la staurotide, du spinelle, du fer chromé, du graphite

Il est assurément très intéressant de connaître l'ordre dans le quel se sont formés les minéraux qui composent une roche; cependant il n'y a pas de relation nécessaire entre l'ordre de solidification et l'ordre de fusibilité de ces minéraux.

Cette relation n'existe même pas dans les roches qui ont une origine ignée.

On peut d'ailleurs se rendre compte de cette anomalie apparente; car pour que des minéraux se développent dans une roche, il n'est aucunement indispensable qu'elle soit amenée à l'état liquide par la fusion. Il suffit, en définitive, qu'elle parvienne à un certain degré de plasticité. Or, cette plasticité peut lui être donnée non-seulement par la chaleur, mais encore par l'eau secondée par la pression.

Les faits que nous avons mentionnés prouvent même que les minéraux se forment jusque dans les roches qui sont à l'état solide. Il est donc bien certain que ces minéraux résultent en définitive de causes extrêmement complexes; ce sont toutes celles qui sont susceptibles de mettre en jeu les actions moléculaires.

Cela posé, considérons d'abord les roches qui ont été fondues et dans lesquelles la chaleur joue le rôle plus important, celles, en un mot, qui ont une origine ignée. Les substances entrant dans la composition de leurs minéraux se sont séparées de leur pâte et se sont combinées pendant qu'elle était encore liquide ou du moins plastique; en tout cas, elles se sont groupées autour de certains centres de cristallisation avant la solidification complète de la masse. Bien que chaque minéral ait emprunté à la roche les substances qu'il renferme, sa fusibilité dépend de la proportion de ces substances, et par conséquent elle est toute différente de celle de la pâte.

Si nous considérons maintenant des roches qui n'ont pas une origine ignée, les minéraux s'y développent sans le secours de la chaleur et par les autres causes qui mettent en jeu les actions moléculaires; par suite, il est tout naturel qu'il y ait une indépendance complète entre l'ordre de fusibilité et de solidification.

L'ordre de solidification des minéraux d'une roche est donc

indépendant de leur fusibilité. Et cette remarque s'applique à toutes les roches, qu'elles aient ou qu'elles n'aient pas une origine ignée.

Réciproquement, on ne peut estimer la fusibilité d'une roche d'après celle des minéraux qui la composent. La lave du Vésuve nous en offre un exemple remarquable; car bien qu'elle soit facilement fusible, elle renferme souvent beaucoup d'amphigène qui est cependant un minéral infusible.

§ 11. — *Les caractères d'une roche dépendent de sa composition chimique et de son origine.* — Lorsqu'on étudie les roches éruptives, il est facile de reconnaître que leur composition chimique est simple et en outre peu variée. Elles contiennent généralement de la silice, de l'alumine, de l'oxyde de fer, de la magnésie, de la chaux, de la potasse, de la soude, de l'eau. Les autres substances n'y entrent qu'en très petite proportion.

L'examen comparatif des analyses de ces roches apprend que, lorsqu'elles ont même composition chimique, elles peuvent cependant présenter des caractères physiques très différents.

Ainsi la composition est quelquefois la même dans le trachyte et le granite, dans le basalte et le trapp, dans le granite et l'eurite. Mais si le trachyte renferme les minéraux du granite, il s'en distingue entièrement par sa structure celluleuse et par l'éclat vitreux de son feldspath. Des différences bien tranchées existent également entre les autres roches que je viens de citer, et, lors même que leur composition serait identique, aucun géologue ne les confondra jamais entre elles.

Il est nécessaire de remonter jusqu'à l'origine même de ces roches pour trouver l'explication de leurs différences. Alors la chaleur, par exemple, rend compte de la structure celluleuse et de l'éclat vitreux du trachyte. L'eau, la pression et les actions moléculaires donnent au contraire à d'autres roches les caractères qui les distinguent.

Les différences présentées par des roches ayant même composition élémentaire, tiennent donc à leur origine. Par conséquent, si la composition chimique d'une roche exerce une grande influence sur ses caractères, les causes qui ont présidé à sa formation exercent une influence qui paraît encore plus grande.

§ 12. — *Une roche éruptive qui contient de l'eau n'est pas nécessairement décomposée.* — Lorsqu'une roche éruptive est décomposée, elle contient généralement de l'eau. Ainsi, il est facile de constater que les roches granitiques ou trappéennes passent d'abord à l'état d'arène; puis à mesure que la décomposition de

leurs parties feldspathiques fait plus de progrès, elles prennent une plus grande quantité d'eau, et enfin elles se changent soit en argile plus ou moins impure, soit en kaolin. Il est certain qu'alors leur quantité d'eau augmente. Si elles renfermaient des carbonates, c'est l'inverse qui a lieu et la quantité de ces carbonates diminue.

Mais est-il permis de conclure de ces faits que chaque fois qu'une roche éruptive contient de l'eau, elle est par cela même décomposée? Je ne le pense pas, et je regrette de me trouver en désaccord sur ce point avec des géologues éminents de France et d'Allemagne.

Dans ces dernières années, c'est surtout par des pseudomorphoses que l'on a expliqué la présence de l'eau dans les roches éruptives.

On sait, en effet, que les minéraux se présentent quelquefois avec des formes différentes de celles qui leur sont propres; et alors ils résultent de pseudomorphoses. Parmi les savants qui se sont occupés de l'étude de ce phénomène, on doit citer spécialement MM. Blum, Landgrebe, Dana, Haidinger, G. Bischof, G. Rose. Ils ont signalé un très grand nombre de circonstances dans lesquelles des minéraux ont été complétement métamorphosés. Ils ont fait voir que les causes qui ont produit ces changements sont très générales et ont dû s'exercer à toutes les époques. Ce ne sont pas seulement les minéraux de quelques filons qui ont été modifiés; mais il peut aussi en être de même pour les minéraux qui constituent les roches. La décomposition d'une substance minérale n'est, du reste, qu'un mode spécial de pseudomorphose.

Il me paraît cependant que l'importance des pseudomorphoses a été exagérée.

J'observerai d'abord que les substances formées par pseudomorphose ne sont pas toujours faciles à reconnaître; souvent il serait nécessaire de faire leur analyse pour constater si elles ont réellement la composition qu'on leur suppose. Cette remarque s'applique notamment à celles qui ont été considérées comme serpentite, stéatite, steinmark, terre verte, etc., et en général à celles qui ne sont pas cristallisées.

Maintenant il ne suffit pas qu'un minéral se soit développé dans un autre pour qu'on puisse admettre l'existence d'une pseudomorphose. Car n'observe-t-on pas fréquemment des cristaux très nets qui se sont formés en même temps que d'autres cristaux et dans leur intérieur? On peut citer, par exemple, l'augite qui se montre dans l'amphigène. Le mica s'est aussi développé dans les principaux minéraux qui constituent les roches. Il se voit dans l'andalousite qu'il peut imprégner complétement et dans laquelle

ses lamelles sont mêmes orientées : cependant pour que l'on puisse admettre une pseudomorphose, il est nécessaire de constater d'abord s'il existe de l'andalousite entièrement changée en mica. On comprend, en effet, que les mêmes apparences résulteraient d'une cristallisation simultanée du mica et de l'andalousite ; elles résulteraient également d'une cristallisation générale et postérieure qui serait subie par la roche après qu'elle aurait éprouvé certaines altérations.

Il faut remarquer d'ailleurs qu'un minéral ayant une grande tendance à cristalliser, se développe facilement au milieu de substances étrangères ; et alors la proportion de ces substances qu'il empâte, peut être beaucoup plus considérable que la sienne propre.

Ainsi, l'existence d'une pseudomorphose n'est certaine qu'autant que la substance minérale ayant produit le cristal primitif a complétement disparu.

L'infiltration est assurément la cause qui a le plus contribué à former les pseudomorphoses, mais une importance trop grande lui a été attribuée. Comme elle donne généralement des composés hydratés, on a pensé que réciproquement lorsqu'on trouvait dans les roches éruptives des composés hydratés, leur existence devait toujours être attribuée à une infiltration. M. G. Bischof a surtout développé cette idée avec beaucoup de talent dans son remarquable ouvrage sur la géologie (1).

Je pense cependant que les roches éruptives peuvent très bien renfermer de l'eau sans avoir été décomposées ou pseudomorphosées. Déjà, dans des publications antérieures, j'ai développé mes idées sur cette importante question et il me paraît qu'elles trouvent un nouvel appui dans les considérations qui vont suivre (2).

§ 13. — *Une roche éruptive a le plus souvent une origine complexe.* — Un dicton populaire nous porte à admettre qu'il n'est rien de plus opposé que l'eau et le feu. Cependant il n'existe aucun antagonisme entre ces deux agents, et dans la nature ils sont souvent réunis. Il importe d'avoir ce fait toujours présent à l'esprit dans des recherches sur l'origine des roches.

Les volcans nous offrent des phénomènes qui sont bien propres à frapper notre imagination. Comme ils rejettent sous nos yeux des roches qui sont généralement à l'état de fusion ignée, nous

(1) G. Bischof, *Lehrbuch der Chemischen und physikalischen Geologie.*

(2) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e sér., t. VI, p. 393.

sommes naturellement enclins à penser que toutes les roches éruptives ont aussi une origine ignée.

Mais si, en pénétrant dans l'intérieur de la terre, on y rencontre la chaleur, on y trouve aussi de l'eau.

Cette eau forme des nappes souterraines et invisibles dont l'importance est comparable à celle des eaux de la surface. On a constaté sa présence au fond de toute espèce de puits, dans les mines et jusque dans les sondages les plus profonds. En vertu de la pesanteur, elle tend d'ailleurs à pénétrer de plus en plus dans l'écorce terrestre. Elle l'imprègne sur une épaisseur qui est certainement supérieure à trois kilomètres; car, c'est seulement à partir de cette profondeur au-dessous de la surface qu'elle peut acquérir une température supérieure à 100 degrés. Elle cherche alors à se dégager et à se réduire en vapeur; toutefois elle est retenue par la pression des roches qui la recouvrent. Elle dissout, du reste, une proportion de substances minérales d'autant *plus* grande que sa température devient plus élevée. Elle augmente de plus en plus la plasticité des roches qu'elle imprègne et à une certaine profondeur elle facilite leur fusion.

Ces roches rendues plastiques, soit par la chaleur, soit par l'eau, pénètrent ensuite dans les interstices de l'écorce terrestre. Sur certains points, elles peuvent même la rompre et alors elles s'épanchent à sa surface.

Doit-on s'étonner d'après cela que l'eau joue un rôle si important dans tous les phénomènes volcaniques?

C'est elle qui, à l'état de vapeur, forme de beaucoup *la plus* grande partie des dégagements gazeux. Elle émane des laves à la surface desquelles elle produit des fumarolles. Elle contribue à donner à ces laves la structure celluleuse. Mais elle ne se dégage pas toujours complétement au moment de la solidification; elle entre même en combinaison dans certains minéraux hydratés tels que les zéolithes qui se trouvent accidentellement dans les laves.

Elle peut aussi se fixer dans les laves elles-mêmes; c'est ce que j'ai constaté pour des laves de la Somma, qui sont hydratées près des salebandes de leurs filons et qui prennent alors un éclat vitreux (1).

Le basalte scoriacé présente, du reste, un type bien caractérisé de lave hydratée. Il suffit, pour s'en convaincre, de visiter le gisement célèbre de la Roche-Rouge, près du Puy-en-Velay; car ce gisement montre l'intérieur d'un cratère basaltique parfaite-

(1) *Études sur le métamorphisme des Roches*, p. 409.

ment conservé, dans lequel on peut suivre tous les passages du basalte compacte à une scorie bulleuse et tordue qui contient plusieurs centièmes d'eau.

Parmi les roches éruptives dans lesquelles l'eau est incontestablement originaire, je citerai encore le rétinite. On sait, en effet, que cette roche ne présente aucune trace d'altération et qu'elle est même à l'état vitreux ; il me paraît donc impossible d'admettre que son eau provienne d'une infiltration, d'une décomposition ou d'une pseudomorphose.

Le granite lui-même contient une certaine quantité d'eau qui est loin d'être négligeable et qui a vraisemblablement joué un rôle dans sa formation.

L'eau se trouve donc pour ainsi dire dans toutes les roches éruptives, qu'elles soient volcaniques, trappéennes ou granitiques. Ce résultat ne doit pas nous étonner ; et même, si l'on songe à l'énorme quantité d'eau qui circule à l'intérieur de la terre, on aurait plutôt lieu d'être surpris qu'il en fût autrement.

— Les phénomènes volcaniques actuels nous offrent encore des exemples bien nets de roches éruptives produites, soit par la chaleur, soit par l'eau.

En effet, les laves proprement dites ou les laves *ignées* résultent de l'action de la chaleur. C'est elle qui les a évidemment rendues liquides ; mais, comme l'observe avec raison M. P. Scrope, il ne faut pas cependant méconnaître que l'eau a contribué à faciliter leur fusion.

D'un autre côté, il existe aussi des laves *aqueuses*. Elles appartiennent aux formations geyseriennes de M. d'Omalius-d'Halloy. Elles sont rendues liquides par l'action de l'eau. Elles ont une fluidité très grande. Elles sont argileuses, tandis que les premières laves étaient lithoïdes.

Les volcans brûlants rejettent quelquefois des laves aqueuses. Car, lors de l'éruption du Jorullo, le 10 mars 1789, les scories étaient accompagnées de torrents de boue. En 1792, il se forma sur les flancs de l'Etna un précipice duquel il sortit pendant plusieurs semaines de l'eau, de l'argile ainsi que des scories. Les volcans d'Amérique et ceux de la Sonde rejettent aussi des schlamms et des matières boueuses. Toutefois, ce sont surtout les volcans boueux (salzes, hornitos) qui donnent des laves aqueuses. Dans certains cas, les éruptions de ces derniers volcans sont d'ailleurs accompagnées de chaleur, comme M. Abich l'a constaté sur les bords de la mer Caspienne. Il est donc facile de comprendre que les appareils volcaniques peuvent produire une multitude de

roches : ces roches doivent leur plasticité non-seulement à la chaleur, mais encore à l'eau, et par suite elles présentent des caractères qui sont intermédiaires entre ceux des laves ignées et aqueuses.

Ainsi, tandis que la chaleur engendre des laves ignées, l'eau engendre, au contraire, des laves aqueuses. La réunion de ces deux agents donne du reste des laves mixtes ou pseudo-ignées. Les volcans brûlants et les volcans boueux peuvent accidentellement rejeter ces différentes laves ; cependant les premiers donnent le plus généralement des laves ignées, et les seconds des laves aqueuses.

Les différences qui existent entre ces deux sortes de laves ne sont pas aussi grandes qu'on pourrait le croire au premier abord, et la nature nous offre elle-même tous les passages.

— Les développements dans lesquels je viens d'entrer à propos des roches volcaniques montrent que la qualification de roche ignée ou aqueuse ne saurait être parfaitement exacte. Il faut nécessairement attribuer à ces mots une signification différente de celles qu'ils ont dans le langage vulgaire. Lorsque nous dirons d'une roche qu'elle a une origine ignée, il ne faudra pas admettre qu'elle a été amené à l'état de fusion par la chaleur seule. De même une roche d'origine aqueuse ne sera pas devenue plastique uniquement par l'action de l'eau. Il restera sous-entendu qu'on a seulement eu égard à l'agent principal de sa formation.

Je rappellerai enfin que la chaleur ou l'eau peuvent bien jouer un rôle prédominant dans la formation d'une roche éruptive, toutefois ce rôle n'est presque jamais exclusif ; il est partagé par d'autres agents, notamment par la pression, et en général par les agents très variés qui peuvent mettre en jeu les actions moléculaires.

Les roches présentent assurément des caractères assez différents suivant les causes qui ont présidé à leur formation. Mais lorsque ces causes sont multiples, les caractères deviennent intermédiaires et beaucoup moins tranchés. Les causes principales, la chaleur, l'eau, la pression se trouvent d'ailleurs le plus souvent réunies.

Il est donc bien certain qu'une roche éruptive peut avoir une origine mixte et très complexe. Doit-on s'étonner d'après cela que des discussions interminables se soient élevées entre les géologues, lorsqu'ils ont tenté d'expliquer l'origine des roches, et n'est-il pas évident que le problème n'était pas toujours soluble dans les termes dans lesquels il était posé?

ROCHES ÉRUPTIVES.

§ 14. — Les considérations générales qui précèdent, permettent maintenant de rechercher l'origine des diverses roches.

Pour traiter cette question, il importe de procéder avec méthode et de suivre une marche uniforme; aussi j'étudierai successivement pour chaque roche sa composition minéralogique, son gisement et le métamorphisme qu'elle a exercé.

Toutefois, afin d'éviter des développements trop étendus, je me bornerai aux roches éruptives normales. Bien qu'elles soient encore très nombreuses, il suffira de prendre comme exemples quelques-unes d'entre elles qui résument leurs principaux caractères et qui puissent servir de type.

Les roches éruptives normales, ou proprement dites, sont de beaucoup les plus importantes. Elles sont caractérisées par l'absence de strates et de fossiles. Elles sont silicatées et le plus généralement feldspathiques. Bien que leur structure cristalline soit développée, elles renferment assez souvent une pâte ou un résidu de cristallisation dont la composition n'est pas définie. Elles présentent des filons, des massifs, quelquefois des coulées. Elles peuvent passer d'une manière insensible à des roches stratifiées. Au moment de leur formation, elles étaient liquides, ou du moins à un certain état de plasticité.

Comme leur feldspath dominant est tantôt l'orthose et tantôt l'anorthose, il conviendra d'examiner successivement ces deux cas (1).

Les causes auxquelles les roches éruptives doivent leur origine sont d'ailleurs très complexes; le plus souvent, au lieu d'agir séparément, elles étaient au contraire associées, et elles pouvaient même se trouver toutes réunies. Aussi est-il très difficile de tracer entre elles une limite nette.

Cependant la chaleur imprime un cachet tout particulier aux roches qu'elle a contribué à former; par suite il est naturel de grouper les roches d'après l'importance du rôle joué par la chaleur. On pourra donc les diviser en trois classes suivant qu'elles sont *ignées*, *pseudo-ignées*, *non ignées*.

---

(1) Le mot *anorthose* désigne ici, d'une manière générale, tous les feldspaths qui appartiennent au sixième système cristallin.

I. Roches ignées.

§ 15. — Les roches ignées ont été amenées à l'état de *fusion* ou du moins rendues plastiques par la chaleur. Elles sont presque toujours complétement anhydres. Elles ont une structure celluleuse et une certaine rudesse au toucher. Leurs minéraux possèdent un éclat vitreux prononcé qui est bien caractéristique. Elles constituent les roches que l'on regarde comme éminemment volcaniques ; souvent même ce sont des laves et elles ont conservé des traces de coulée.

Leurs types extrêmes sont le trachyte et la dolérite, qui résument toutes leurs propriétés ; je vais donc les étudier spécialement.

§ 16. — *Trachyte.* — Le trachyte est une roche qui, d'après M. Naumann, renferme de l'orthose, de l'anorthose, du mica ferro-magnésien, de l'hornblende. On y trouve aussi du quartz. Ses minéraux sont disséminés dans une pâte celluleuse et rugueuse, qui est ordinairement de couleur grise, blanche ou rougeâtre. Son orthose est fendillé, transparent et doué d'un éclat vitreux très vif, qui lui imprime un caractère tout particulier. On y observe une multitude de fissures, surtout parallèlement à la longueur de ses cristaux. Il diffère tellement de l'orthose à éclat nacré du granite, que certains minéralogistes le considèrent comme un minéral entièrement distinct et lui donnent le nom d'orthose vitreux, de ryakolithe, de sanidine.

Le mica ferro-magnésien est en cristaux très nets, d'un noir éclatant ou d'un brun très foncé. Il n'est jamais accompagné par le mica alumineux, blanc argenté, qu'on trouve dans le granite, dans le gneiss et dans le micaschiste.

L'hornblende est noire et rarement vert noirâtre. Ses cristaux sont nets, allongés et même terminés à leurs deux extrémités ; ils ont un vif éclat ; leur structure lamelleuse est surtout bien caractéristique.

Le quartz est rare lorsque le trachyte est très celluleux, c'est-à-dire lorsqu'il porte les traces les plus évidentes de coulée et de fusion. Il devient au contraire d'autant plus abondant que le trachyte présente une structure plus compacte, et qu'il se rapproche davantage du porphyre quartzifère. L'étude des régions trachytiques montre d'ailleurs des passages entre le porphyre quartzifère et le trachyte contenant du quartz.

Les fissures du trachyte sont souvent tapissées de cristaux de fer oligiste spéculaire. Quelquefois même la roche en est complé-

ement imprégnée. On y trouve également de l'acide chlorhydrique, du soufre, de l'acide sulfurique. La présence de ces substances est importante à signaler, car elles imprègnent sous nos yeux les roches rejetées par les volcans modernes.

Remarquons d'ailleurs que certains trachytes contiennent des zéolithes; ceux de la Hongrie sont aussi fréquemment traversés par des veines de silice hydratée ou d'opale : alors, ils ne sont pas tout à fait anhydres, et par conséquent l'eau n'a pas été absolument étrangère à leur formation.

La composition minéralogique et chimique du trachyte le rapproche entièrement du granite duquel il diffère surtout par sa structure celluleuse et par l'éclat vitreux de ses minéraux; mais à mesure que ces caractères s'effacent, on voit se produire des roches intermédiaires qui deviennent de plus en plus riches en quartz, et dans lesquelles le rôle joué par la chaleur me paraît aller successivement en diminuant.

D'après Desmarets, de Saussure, Dolomieu, L. de Buch, l'action des volcans de l'Auvergne sur les roches granitiques au milieu desquelles ils ont fait éruption, aurait pu engendrer le trachyte. Dans cette hypothèse, le trachyte serait en quelque sorte du granite réchauffé et métamorphosé par la chaleur.

Examinons maintenant quel est le gisement du trachyte. Il forme quelquefois des dômes, des cônes ou de grands massifs; dans ce cas, il n'a pas fait éruption à l'état liquide, mais il était solide ou simplement ramolli par la chaleur. En Auvergne, le Puy-de-Dôme, le Sarcouy, le Puy-Chopine, nous en offrent des exemples remarquables. M. de Humboldt en a cité de plus remarquables encore dans les Cordillères : ainsi le Chimborazo s'élève en dôme gigantesque, tandis que le Cotopaxi est un cône qui a plus de 5900 mètres de hauteur.

Une circonstance intéressante relative au gisement du trachyte a été signalée par M. Élie de Beaumont; c'est qu'il n'offre pas de traces de cône de déjection analogue à celui des volcans brûlants, et notamment du Vésuve. Il est donc probable que le dégagement de substances gazeuses jouait un rôle peu important dans ses éruptions (1).

Et cependant le trachyte est éminemment éruptif : très souvent il a rempli des filons; par conséquent il est certain qu'alors il n'était pas à demi solide comme dans les dômes, mais entièrement plastique. Plus souvent encore il a formé des coulées ou même

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, t. IV, p. 146, 1833.

des nappes épaisses et très étendues, comme celles que l'on voit bien dans les monts Dore. Il était alors tout à fait fluide, et il paraît avoir été vomi par des fissures ou par de larges crevasses du sol volcanique; des filons et des dykes puissants de trachyte établissent en effet une communication visible entre les nappes et l'intérieur de la terre. Si l'on joint à ces caractères sa division en prismes, sa structure celluleuse et l'état vitreux de ses minéraux, on en devra conclure que le trachyte a bien une origine volcanique et, en outre, ignée. Du reste, cette origine est généralement assez évidente et n'a jamais été sérieusement contestée.

Il importe maintenant de remarquer que la pression n'est pas nécessaire à la formation du trachyte; car on peut facilement constater en Auvergne qu'il était assez fluide pour couler à la surface du sol et qu'il s'est solidifié à l'air libre; or, il est bien visible que la pression à laquelle il était alors soumis se réduisait à celle exercée par la nappe trachytique elle-même.

Des conglomérats puissants accompagnent souvent le trachyte, et se sont formés sur une très grande échelle. M. P. Scrope, qui s'est occupé de leur étude, observe qu'en Auvergne ils sont quelquefois à une grande distance des montagnes trachytiques. Ils ont rempli quelques larges vallées creusées généralement dans le granite et dans le calcaire lacustre; ils ne se montrent pas toujours dans les intervalles qui séparent les vallées, comme cela devrait avoir lieu s'ils avaient été rejetés par les éruptions. Leurs fragments sont essentiellement trachytiques, mais ils peuvent aussi appartenir aux différentes roches dans lesquelles sont creusées les vallées au fond desquelles ils se trouvent.

Bien que leurs angles soient vifs à l'origine de ces vallées, ils sont arrondis à une certaine distance, et même ils passent à l'état de cailloux roulés. On y distingue d'ailleurs des strates, et ils renferment des veines de sable ou de gravier, ainsi que des débris d'animaux et de végétaux (1).

Quelquefois encore ils présentent des anomalies très remarquables, car ils passent à différentes roches de la famille du trachyte. Ainsi, dans le Cantal, le conglomérat trachytique se change en un trachyte bien caractérisé qui se fond avec lui d'une manière tellement intime, qu'il est impossible de l'en détacher et même d'en marquer la limite (2).

---

(1) P. Scrope, *The geology and extinct volcanos of central France*, 1858, p. 120.

(2) Élie de Beaumont, *Mémoire sur le Cantal*, p. 289.

Il est facile de voir que ces divers conglomérats trachytiques t une origine très différente. Lorsqu'ils sont stratifiés, ils ré-tent de remaniements opérés par les eaux ou de déjections riennes. Lorsqu'ils sont fortement cimentés et lorsqu'ils passent . trachyte, ils résultent d'éruptions volcaniques ou de phénomènes de métamorphisme.

Si l'on considère maintenant le métamorphisme exercé par le achyte sur les roches voisines, on trouve qu'il porte les traces e la chaleur. La roche encaissante peut, en effet, être plus ou oins cimentée ou même agglutinée et vitrifiée au contact; cependant, lorsqu'on examine cette roche avec soin, il est facile de onstater qu'elle n'a pas toujours été chauffée très fortement.

En résumé, le trachyte présente bien les caractères d'une roche gnée; il a été fondu ou tout au moins ramolli et rendu plastique ar la chaleur. Lorsqu'il se charge de quartz, on voit successivement ses caractères distinctifs disparaître, et il passe insensiblement au porphyre; tout porte à croire qu'alors la chaleur joue n rôle de moins en moins important dans sa formation.

§ 17. — *Dolérite.* — La dolérite, si l'on donne ce nom aux laves anorthosées et anhydres rejetées par les volcans, présente d'une manière encore plus évidente les caractères d'une roche ignée.

Elle est formée d'anorthose et d'augite; quelquefois elle contient du péridot, du mica, de l'amphigène. Ses minéraux sont disséminés dans une pâte grise ou noirâtre, anhydre, plus ou moins magnétique et celluleuse. Quand cette pâte devient dominante et très celluleuse, la dolérite passe à une scorie.

L'anorthose possède l'éclat vitreux; il est blanc, translucide et fendillé. Jamais il ne prend une couleur verdâtre et un éclat gras comme dans le basalte. Par conséquent, il existe entre l'anorthose de la dolérite et du basalte, la même différence qu'entre l'orthose du trachyte et celui du granite.

L'augite est noir ou vert-noirâtre, en cristaux terminés aux deux extrémités. Il possède également l'éclat vitreux, et il en est de même pour le péridot ainsi que pour l'amphigène.

Le fer oligiste et divers produits sublimés tapissent souvent les cellules; mais les zéolithes et les carbonates y sont très rares et même généralement ils manquent complétement.

On comprend d'ailleurs que le métamorphisme exercé par la dolérite, doit accuser une action très énergique. Les roches avec lesquelles elle se trouve en contact, ont toutes été plus ou moins altérées par la chaleur. Les combustibles sont changés, soit en

charbon, soit en coke ; les calcaires sont décomposés et se combinent avec la pâte où bien encore ils deviennent simplement grenus et cristallins ; les roches siliceuses, argileuses et feldspathiques, sont plus ou moins calcinées et frittées.

Si l'on considère des fragments empâtés, ils ont souvent pris une couleur rouge-brique indiquant visiblement une calcination. Les roches les plus réfractaires, telles que le quartz et le granit, peuvent quelquefois subir une vitrification et même se fondre complétement dans la pâte de la dolérite.

On ne saurait conserver aucun doute sur le mode de formation de la roche à laquelle je donne ici le nom de dolérite, car elle est actuellement rejetée par plusieurs volcans brûlants. Ainsi, la lave de l'Etna renferme du labrador et de l'augite ; celle du Vésuve renferme de l'amphigène, de l'augite, du péridot.

La dolérite a donc été amenée à l'état liquide par l'action de la chaleur. C'est spécialement à elle que s'applique le mot lave, par lequel on désigne aussi diverses roches volcaniques.

Elle forme des filons, des amas ou des coulées.

Quand elle s'est répandue en coulées, elle se change en scorie vers les limites et surtout à la partie supérieure. Il est facile de s'en rendre compte : la pression étant moindre, les matières gazeuses devaient se dégager plus facilement. En outre, vers ses limites, elle devient fragmentaire et elle passe à des conglomérats. Les cheires de l'Auvergne en offrent des exemples remarquables. Il est visible que cela doit être attribué à ce que la surface de la lave s'est solidifiée la première par l'effet du refroidissement, et a formé une sorte d'enveloppe qui a été brisée postérieurement, et dont les fragments ont été empâtés de nouveau par la partie restée liquide. Tous ces phénomènes s'observent fréquemment dans les volcans actuels ; il n'est donc pas nécessaire de nous y arrêter plus longtemps.

§ 18.—Le trachyte et le dolérite nous offrent deux types de roches ignées dont l'origine est bien certaine, puisque nous les voyons se former encore dans les volcans brûlants. Elles ne contiennent pas d'eau en quantité notable ; car celle qu'elles pouvaient renfermer s'est dégagée à l'état de fumarolles au moment de leur solidification. Cette eau s'est d'ailleurs répandue dans les cavités et dans les fissures de la roche éruptive elle-même, et jusqu'à une certaine distance dans les roches voisines ; elle a produit de la calcédoine, de l'opale, de l'hyalite, du quartz, des carbonates, des zéolithes, et en général tous les minéraux qui remplissent les amygdaloïdes. Ainsi, les effets de la chaleur peuvent être compliqués par ceux

: l'eau, lors même que les roches éruptives sont ignées et anydres.

II. Roches pseudo-ignées.

§ 19. — Les roches pseudo-ignées ont été amenées à l'état de fusion n partie ignée, en partie aqueuse. L'eau, la chaleur, et peut-être ussi la pression, ont contribué à les rendre plastiques. Elles sont ujours hydratées. Souvent elles ont encore une structure cellueuse; mais leurs minéraux n'ont plus qu'un éclat vitreux assez aible. Elles se divisent en prismes ou bien en sphéroïdes. Elles ont généralement associées aux roches ignées, et elles s'observent urtout dans les régions volcaniques.

Les types que je prendrai dans les deux séries feldspathiques, sont le rétinite et le basalte.

§ 20. — *Rétinite.* — Le rétinite contient de l'orthose vitreux, du mica ferro-magnésien, et aussi du quartz. Ces minéraux sont disséminés dans une pâte qui est elle-même complétement vitreuse et qui forme la plus grande partie de la roche.

L'orthose est généralement en cristaux moins transparents et moins éclatants que dans le trachyte. Le quartz est assez rare; il se montre en petits grains blancs et fendillés.

La pâte présente un éclat à la fois vitreux et résineux qui est caractéristique du rétinite (*Pechstein*); elle est souvent celluleuse; sa couleur varie du rouge et du brun au vert et au noir foncé. Elle contient toujours une forte proportion d'eau qui peut même s'élever jusqu'à 10 pour 100. Sous le marteau, elle donne quelquefois une odeur fétide qui accuse la présence de matières bitumineuses; j'ai même constaté qu'elle renferme une très petite proportion d'azote.

L'obsidienne peut d'ailleurs être considérée comme une variété de rétinite dans laquelle il y aurait seulement des traces d'eau et de matières bitumineuses ou organiques; dans une classification des roches elle viendrait donc se placer à l'extrême limite des roches ignées hydratées.

Les minéraux enclavés dans le rétinite sont ceux qu'on trouve dans les cavités du trachyte. Il y a surtout beaucoup de silice à l'état d'opale, de la calcédoine et du quartz. Les zéolithes s'y rencontrent également.

L'absence des carbonates dans le rétinite mérite d'être signalée; il faut sans doute l'attribuer à ce que le rétinite est à l'état vitreux. Du reste, on peut observer que les carbonates manquent généra-

lement dans les roches éruptives riches en silice, lors même qu'elles sont hydratées.

Le rétinite se montre fréquemment dans les régions volcaniques, dans lesquelles il est souvent associé au trachyte et aussi au basalte. Il forme des filons bien caractérisés, et il est visible qu'il était tout à fait plastique au moment de son éruption. L'Écosse, la Saxe, le Cantal, nous en offrent de beaux exemples.

Son gisement est quelquefois très bizarre, car il se fond peu à peu dans les roches qui l'avoisinent. Ainsi dans la Saxe, M. Naumann a reconnu que le rétinite est associé de la manière la plus intime au porphyre quartzifère, avec lequel il s'entremêle tellement, que la séparation des deux roches est souvent très difficile.

D'un autre côté, le rétinite passe aussi à des roches dans lesquelles la stratification est encore très nette et qui peuvent même renfermer des fossiles. C'est ce que l'on observe en Saxe, en Écosse, dans le Mont-Dore, dans le Cantal, dans l'île de Sardaigne, à l'île Ponce. Le rétinite paraît alors résulter du métamorphisme de conglomérats trachytiques et de différentes roches qui sont riches en silice. J'ai constaté que toutes ces roches sont facilement attaquables par les alcalis et même par l'eau; elles sont souvent complétement désagrégées, à l'état terreux et pulvérulent; elles se trouvent donc dans les conditions les plus favorables, pour devenir plastiques par l'action de l'eau, et pour former à l'aide de la chaleur et de la pression un verre hydraté.

Lorsque le rétinite est en filon, les roches qui se trouvent à son contact éprouvent généralement un métamorphisme bien sensible; ainsi les conglomérats trachytiques qu'il traverse, peuvent être vitrifiés sur une petite épaisseur, et ils se changent alors en un verre hydraté. Je suis porté à croire cependant que la température nécessaire à cette métamorphose, ne devait pas être très élevée; car on sait que le rétinite a pu se former en même temps et presque dans les mêmes conditions que le porphyre quartzifère; or, nous verrons que ce porphyre ne paraît pas avoir une origine ignée. De plus, le rétinite et les roches de cette famille, comme le perlite et l'obsidienne, se transforment très facilement en ponce, lorsqu'on les soumet à l'action de la chaleur. Il est vrai que la pression aurait pu empêcher cet effet de chaleur; aussi me paraît-il vraisemblable qu'elle a joué un certain rôle dans la formation du rétinite.

Quant à la métamorphose du conglomérat trachytique en rétinite, elle s'observe jusqu'à une grande distance de toute roche éruptive; elle a eu lieu par places, comme il est facile de le con-

:ater au Mont-Dore, sur la route de Murat le Quaire; elle ré-
ılte sans doute d'une action exercée par de l'eau liquide ou
n vapeur qui aurait pénétré le conglomérat, et qui aurait
itrifié ses parties terreuses avec le secours de la chaleur et de la
›ression.

— Le phonolite diffère beaucoup du rétinite par ses propriétés
›hysiques; cependant ces deux roches contiennent de l'orthose
'itreux et sont hydratées; elles sont de plus associées au trachyte,
:n sorte qu'elles représentent deux états différents du trachyte
hydraté.

Les minéraux du phonolite sont l'orthose vitreux, l'hornblende basaltique et les zéolithes. Quelquefois aussi il contient du sphène et de l'haüyne. La plupart de ces minéraux se trouvent dans les roches volcaniques les mieux caractérisées; toutefois il faut remarquer que le sphène est très fréquent dans les diorites et dans les roches granitiques, tandis que les zéolithes s'observent surtout dans les roches trappéennes. Si le phonolite n'est pas une roche ignée dans le sens que nous avons attribué à ce mot, il est certain cependant que la chaleur a puissamment contribué à le former; c'est ce qui résulte de son gisement : en effet, il est associé au trachyte auquel il passe souvent d'une manière insensible. Il a d'ailleurs fait éruption de nos jours; car, l'éruption du Monte-Nuovo, qui a surgi en 1538 dans le lac Lucrin, a donné naissance à une coulée de lave scoriacée qui, dans sa partie moyenne, devient compacte, schistoïde, hydratée, et, d'après M. Abich, passe à un véritable phonolite.

— L'étude du rétinite et de toutes les roches appartenant à la famille du trachyte vitreux, nous montre bien que ces roches ont une origine mixte, et résultent de l'action combinée de la chaleur, de l'eau, et probablement aussi de la pression. Elles conservent encore, il est vrai, les caractères des roches ignées, mais au lieu d'être anhydres elles sont hydratées; l'eau a donc joué un rôle important dans leur formation.

§ 21. — *Basalte.* — Je considère maintenant le basalte. Les principaux minéraux qu'il renferme sont l'anorthose, l'augite, le péridot. On y trouve aussi le fer oxydulé, les carbonates, les zéolithes, et, accidentellement, la néphéline, l'haüyne, le zircon, le corindon, etc. Il est en grande partie formé par une pâte feldspathique hydratée qui est verte ou noirâtre. Ses minéraux enclavés sont ceux qui remplissent habituellement les amygdaloïdes, tels que la chaux carbonatée, la sphérosidérite, les zéolithes, la chlorite, le quartz et ses variétés. Quelquefois il est imprégné par

des matières bitumineuses ou charbonneuses qui se montre aussi dans ses cavités.

J'observerai que le basalte a presque la même composition élémentaire que la dolérite; il en diffère surtout par la présence d'une certaine quantité d'eau et de matières volatiles. D'après cela, si l'on conçoit que ces deux roches soient chauffées également, le basalte donnera lieu au dégagement de gaz le plus abondant. Or, comme il est très compacte, on voit que sa température devait être bien inférieure à celle de la dolérite ou des laves proprement dites.

Bien qu'il soit généralement très compacte, le basalte peut cependant prendre une structure celluleuse. Ses cellules sont ordinairement espacées, lisses, assez grandes et arrondies; elles diffèrent de celles de la dolérite qui sont au contraire petites, irrégulières, tortueuses et très rapprochées. Elles accusent le dégagement d'un gaz; en outre elles indiquent par leurs caractères que la pâte du basalte était beaucoup plus fluide que celle des laves ignées. Parmi les basaltes qui ont une structure celluleuse bien caractérisée, je citerai ceux du Velay; ils sont d'ailleurs très remarquables par l'abondance et les grandes dimensions de leurs cristaux d'augite et de péridot.

Quelquefois le basalte devient tellement celluleux qu'il passe à une véritable scorie; c'est ce que l'on observe, par exemple, à Espaly, à la Roche-Rouge, et dans les environs de Lodève. Alors il ressemble à s'y méprendre aux laves scoriacées rejetées par les volcans brûlants; cependant, en réalité il en diffère beaucoup, car il contient une proportion d'eau très notable qui *généralement* dépasse plusieurs centièmes. Les caractères de ce basalte scoriacé ne permettent d'ailleurs pas d'admettre que son eau provienne d'une décomposition; il est bien visible au contraire qu'il est à peu près tel qu'il s'est formé et qu'il a subi une fusion aqueuse.

L'éclat vitreux a presque complétement disparu dans le basalte; cependant on le retrouve encore dans le péridot et dans l'augite. Quant à la pâte elle n'a pas l'éclat vitreux du rétinite; elle est au contraire lithoïde et grenue. C'est seulement par exception que certaines roches basaltiques, semblables à la *roche noire*, prennent un éclat vitro-résineux; elles paraissent alors intermédiaires entre le rétinite et le basalte (1). Quelquefois aussi le basalte devient légèrement résineux par suite d'un métamorphisme de contact. C'est ce que l'on observe, par exemple, à la partie inférieure de ses nappes.

(1) *Annales des mines*, 5e sér, t. XII, p. 451.

Si l'on passe en revue les minéraux du basalte, le péridot et l'augite offrent à peu près les mêmes caractères que dans les laves et dans les scories de forges. Il est donc certain que la chaleur a participé à la formation du basalte.

D'un autre côté, le feldspath, qui est généralement du labrador, ne présente pas l'éclat vitreux ; il a même un éclat gras particulier. Il est opaque, de couleur blanche ou verdâtre, à clivages peu faciles. De plus il contient de l'eau, en sorte qu'il paraît s'être développé dans une roche hydratée et avoir retenu une certaine quantité d'eau.

La présence des matières organiques, des carbonates, des zéolithes, de la népheline, de l'haüyne, mérite d'être signalée spécialement ; elle fait voir, en effet, que la température à laquelle le basalte a été chauffé n'était pas suffisante pour dégager complétement les matières organiques, l'eau, l'acide sulfurique et l'acide carbonique, substances qui dans nos laboratoires sont cependant complétement volatilisées à la température rouge. Il est vrai que ces substances ont été considérées par des géologues éminents comme des produits d'infiltration ; mais si l'on observe que les carbonates, par exemple, disparaissent d'une roche dès qu'elle commence à se décomposer, on devra en conclure qu'ils sont au contraire originaires dans le basalte.

Remarquons encore qu'on trouve dans le basalte du corindon et du zircon ; or, comme ces minéraux se forment surtout dans les roches granitiques, ils établissent un lien entre ces roches et le basalte ; ils indiquent même quelque communauté d'origine.

On sait que le basalte se divise très souvent en prismes et qu'il peut former de magnifiques colonnades. Ses prismes sont alors à peu près perpendiculaires à la surface de contact ; généralement ils contiennent peu d'eau et peu ou point de carbonates. Tout porte donc à croire que le basalte prismatique avait une température assez élevée au moment de son éruption, et que sa structure a surtout été occasionnée par les retraits provenant de son refroidissement. Il faut remarquer cependant que les prismes du basalte sont généralement beaucoup plus grands et plus réguliers que ceux des roches amenées comme les laves à l'état de fusion ignée. En outre, dans la plupart des roches se divisant en prismes, la densité augmente d'une manière notable vers le centre. Par conséquent, les prismes ne se sont pas toujours formés par la chaleur seule, et même ce n'est pas dans les roches dont la température était la plus élevée qu'ils sont le plus fréquents et le mieux caractérisés ; ils ré-

sultent aussi d'actions moléculaires, et ces actions paraissent surtout s'être exercées dans le basalte.

Certains géologues ont pensé que le basalte devait ses propriétés à la pression d'une puissante colonne d'eau et qu'il avait fait éruption au fond de la mer. Il est certain que le basalte a dû se répandre souvent dans la mer; mais cela n'a pas toujours eu lieu et l'Auvergne était certainement émergée lorsqu'elle a été traversée et recouverte par une multitude d'éruptions basaltiques; la présence de la mer n'est donc aucunement nécessaire à la formation du basalte.

Quoique le basalte soit généralement une roche très compacte, on peut même ajouter que la pression n'était pas non plus nécessaire à sa formation. En effet, lorsqu'il s'est répandu en nappes à la surface du sol, il est bien visible qu'il n'éprouvait d'autre pression que celle résultant de l'atmosphère et de son propre poids. On reconnaît cependant que sa structure a été modifiée, lorsque la pression était plus faible; c'est notamment ce que l'on observe près de ses limites et près des surfaces de contact vers lesquelles le dégagement des matières gazeuses pouvait avoir lieu facilement. Ainsi la structure du basalte devient quelquefois celluleuse sur les bords des filons et à la partie supérieure ou inférieure des nappes.

La pression n'est donc pas nécessaire à la formation du basalte; toutefois elle influe sur ses caractères; et, toutes choses égales, quand elle diminue, la structure du basalte devient plus celluleuse.

Lorsqu'on étudie le gisement du basalte, on voit qu'il accompagne généralement les roches volcaniques dont l'origine ignée est la plus certaine; il est donc tout naturel de croire que la chaleur a joué un rôle dans sa formation. Il me paraît d'ailleurs vraisemblable que la chaleur était la plus forte dans les variétés de basalte qui sont celluleuses ou scoriacées, et dans celles qui contiennent beaucoup d'augite ou de péridot.

Le basalte se montre en amas, en filons et surtout en nappes. Quand il est en amas, il forme souvent des montagnes isolées et coniques. Il s'observe aussi en véritables coulées, et, dans ce cas, il se rapproche beaucoup de la dolérite ou de la lave; il est visible qu'il est sorti de l'intérieur de la terre à l'état de pâte peu fluide, quelquefois même très épaisse et à demi solide. Je citerai comme exemple certains basaltes de l'Auvergne et des environs, du Puy-en-Velay, notamment la coulée d'Espaly à la Croix-de-Paille. Mais, le plus souvent, le basalte est en filons ou bien en nappes, et tous

ses caractères indiquent alors qu'il devait avoir une très grande fluidité au moment de son éruption.

M. Élie de Beaumont a signalé d'une manière toute spéciale à l'attention des géologues cette fluidité du basalte, et elle est bien démontrée par l'étude de son gisement (1). En effet, le basalte forme des nappes extrêmement étendues dans lesquelles il présente sur de grandes distances des caractères qui sont bien constants. A la partie inférieure et supérieure de ces nappes, il est quelquefois légèrement celluleux ou même scoriacé, mais toujours beaucoup moins que dans les laves proprement dites. Le plus généralement le basalte est compacte et à peu près uniforme. Ses nappes se sont épanchées par des ouvertures fort étroites qui sont actuellement représentées par des dykes; elles ont recouvert de grandes étendues. Lorsque le basalte a coulé sur une surface faiblement inclinée ou presque horizontale, il ne s'est pas accumulé, comme cela aurait eu lieu pour une matière pâteuse qui se serait figée par le refroidissement; son épaisseur reste même à peu près constante.

Remarquons encore avec M. Élie de Beaumont que le basalte passe d'une manière insensible au trapp ; or, ce dernier a recouvert des étendues immenses, comme on l'observe dans le nord de l'Irlande, dans l'Inde et dans la Nouvelle-Écosse. Dans ces gisements, sa fluidité était donc très grande et en quelque sorte comparable à celle d'un liquide.

Ainsi, le basalte peut être celluleux, scoriacé et former de véritables coulées; bien qu'il contienne de l'eau, on n'y trouve alors que peu ou point de carbonates; il se rapproche beaucoup des laves et sa température était élevée. Le plus souvent, au contraire, le basalte est compacte, bien uniforme; il s'est épanché en nappes qui couvrent des surfaces très étendues et presque horizontales; sa fluidité était très grande et due principalement à l'action de l'eau, car sa température était peu élevée.

De même que le trachyte, le basalte est généralement accompagné par des tufs et des conglomérats qui sont quelquefois très développés. Lorsque ces tufs ont été remaniés par les eaux, puis cimentés, ils peuvent présenter, soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical, un passage insensible du basalte aux roches stratifiées. Déjà Werner avait été frappé de leur existence; car il signale dans une sablonnière de la Saxe un passage du grès au basalte. C'est même un des arguments principaux qu'il invoque à l'appui de sa théorie d'après laquelle le basalte se serait formé par

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, t. IV, p. 231.

voie de sédiment. Le fait était exact et on l'a fréquemment vérifié depuis; mais Werner lui avait donné une fausse interprétation. On comprend, en effet, que les produits des éruptions basaltiques aient dû être souvent remaniés par les eaux, soit pendant les éruptions soit postérieurement.

Lorsque les fragments de basalte sont arrondis, ils se trouvent généralement mélangés à des roches étrangères, notamment à des grains de quartz. Ils ont été fortement roulés et transportés à une assez grande distance.

Lorsque les fragments de basalte sont anguleux, ils composent presque entièrement le conglomérat. Il est visible qu'ils n'ont pas été transportés à une grande distance. Ce sont des débris qui proviennent des éruptions basaltiques et qui se sont accumulés sur place, soit à l'intérieur de la terre, soit à sa surface.

Les éruptions basaltiques ont d'ailleurs pu se déverser aussi, au fond de la mer et dans des lacs (1). Dans ce cas, il est facile de comprendre pourquoi le basalte présente un passage au conglomérat. Car ce dernier, soumis à l'influence des éruptions basaltiques, a été plus ou moins cimenté et métamorphosé sur place. Les zéolithes, la chaux carbonatée, la silice et les minéraux des amygdaloïdes l'ont entièrement pénétré et se sont développés dans toutes ses fissures. Le plus souvent il renferme aussi de la palagonite, comme l'ont remarqué MM. Bunsen et S. de Waltershausen; il peut même en être entièrement composé. La formation des conglomérats basaltiques se lie évidemment d'une manière intime à l'éruption du basalte et aux phénomènes de métamorphisme qui l'ont accompagnée.

Si l'on étudie maintenant le métamorphisme du basalte, on trouve qu'il n'est pas tout à fait le même au contact des nappes ou des filons. En effet, au contact des nappes, il est très faible, souvent nul et n'indique pas une température élevée. Mais au contact des filons il est beaucoup plus énergique; les combustibles sont changés en coke; le calcaire prend une structure cristalline saccharoïde. Très fréquemment aussi les roches se divisent en prismes perpendiculaires au basalte. D'un autre côté les roches poreuses, comme les grès, sont imprégnées par des zéolithes qui cristallisent dans leurs cavités. Quelquefois aussi elles sont pénétrées par de la terre verte ou par des carbonates. Les roches argileuses deviennent lithoïdes, celluleuses, amygdalaires; elles se

(1) P. Scrope, *The geology and extinct volcanos of central France*, 1858, p. 18.

changent même en spilite ou bien en jaspe-porcelanite contenant encore plusieurs centièmes d'eau. Il est donc bien visible que l'action de l'eau était secondée par une température assez élevée.

En résumé, toutes les propriétés du basalte montrent bien que son origine est mixte et que la chaleur et l'eau ont contribué à sa formation. Il est vraisemblable qu'il a éprouvé une fusion aqueuse. Sa température était assez élevée pour permettre au péridot et à l'augite de se développer; mais elle ne pouvait cependant pas dégager complétement l'eau et les matières volatiles. On comprend d'après cela pourquoi le basalte est si souvent associé aux laves, et pourquoi il s'observe cependant à de grandes distances de toute espèce de volcans. Du reste, l'eau qu'il renferme ne doit pas être attribuée à ce que son éruption était sous-marine; elle provenait au contraire de l'intérieur de la terre.

§ 22. — *Trapp*. — Le trapp proprement dit peut passer au basalte auquel il est très souvent associé; il est donc nécessaire de nous en occuper également. Une relation très intime existe, en effet, entre ces deux roches, mais nous allons voir que la chaleur n'a plus qu'une part fort restreinte dans la formation du trapp.

La structure cristalline du trapp est généralement peu développée, et le feldspath anorthose qui lui sert de base est presque le seul minéral qu'il soit possible d'y reconnaître. Ce feldspath est opaque et présente l'éclat gras; sa couleur est blanchâtre, grise ou verdâtre, et par le mélange d'une certaine quantité de pâte, elle peut devenir très foncée.

La pâte n'a pas une composition définie. De même que le feldspath, elle est toujours hydratée et sa proportion d'eau peut même s'élever à plusieurs centièmes. Elle est riche en oxyde de fer. Elle s'attaque par les acides, ce qui montre qu'elle ne doit pas sa couleur verte à un mélange de pyroxène ou d'amphibole.

Lorsqu'il se développe dans le trapp de l'augite et du péridot, il passe au basalte. La composition élémentaire de ces deux roches peut être absolument la même, et leurs différences tiennent surtout aux conditions de leur éruption. La présence du péridot et de l'augite dans le basalte me paraît d'ailleurs indiquer qu'il avait la température la plus élevée.

Parmi les minéraux du trapp, il importe surtout de mentionner les carbonates. Ces derniers qui sont à base de chaux, de magnésie ou de fer, entrent souvent en proportion très notable. Ils sont généralement spathiques ou fibreux, comme les carbonates des gîtes métallifères; mais leur structure n'est pas grenue et saccha-

roïde comme celle des carbonates devenus cristallins qui sont empâtés dans les laves. De plus, ils sont intimement disséminés dans la roche, et ils sont surtout abondants quand elle n'est pas décomposée. Tous ces caractères montrent bien que les carbonates sont originaires dans la roche, et que par suite elle a supporté seulement une très faible chaleur.

Le fer oxydulé se rencontre fréquemment dans le trapp ; mais on a vu précédemment qu'il peut se former par voie humide aussi bien que par voie sèche.

Les minéraux enclavés les plus habituels dans le trapp, sont d'ailleurs à peu près les mêmes que dans le basalte. On y trouve la chaux carbonatée, la chlorite, les zéolithes, le quartz ; souvent aussi des minerais métalliques à base de fer et de cuivre, ainsi que les substances qui leur servent de gangue dans les gîtes métallifères. Ces minéraux ont rempli des amygdaloïdes ou des filons, et d'après leur composition il est visible qu'ils doivent surtout être attribués à l'action de l'eau. Cependant la chaleur n'est pas non plus étrangère à leur formation, comme l'indiquent les zéolithes et le fer spéculaire qui se trouvent si souvent dans les roches volcaniques.

Le trapp forme des filons, des dykes, et surtout des nappes extrêmement étendues. Ses filons ont quelquefois une structure bréchiforme ; et alors le trapp est en fragments qui sont généralement cimentés par des carbonates et par des zéolithes. Il présente souvent des nappes superposées qui sont bien parallèles, bien régulières dans leur épaisseur, et qui peuvent couvrir des régions immenses. Il est visible qu'il était, non-seulement plastique, mais encore extrêmement fluide.

On comprend d'ailleurs comment le trapp passe à des roches stratifiées ; car il a pu être remanié par les eaux et mélangé aux sédiments qu'elles déposaient. De même que pour le basalte, ce passage a dû se produire surtout lorsque le trapp à fait éruption sous l'eau et dans la mer.

Le trapp est souvent prismatique, et c'est même de cette propriété qu'il tire son nom. Il la doit à un retrait produit par le refroidissement et par des actions moléculaires. Sa structure est fréquemment celluleuse et ses cavités sont généralement remplies par les minéraux habituels des amygdaloïdes.

Le trapp exerce quelquefois un métamorphisme bien évident sur les roches avec lesquelles il se trouve en contact. Il peut, comme le basalte, changer les combustibles en coke. Il rend le calcaire cristallin. Il imprègne la roche encaissante de zéolithes,

le terre verte, de carbonates. Sa pâte elle-même s'y infiltre et les pénètre de la manière la plus intime. Cependant, le plus souvent, il n'a produit qu'une faible altération. Généralement aussi il n'a pas opéré comme le basalte une vitrification des roches siliceuses ou argileuses.

En résumé, le trapp vient se placer à la limite des roches pseudo-ignées. Bien qu'il se relie au basalte de la manière la plus intime, je pense qu'il en différait par une température moins élevée. Cela résulte, en effet, de l'absence de péridot, de la présence d'une grande quantité de carbonates et de zéolithes, et surtout de ce que le métamorphisme qu'il exerce est moins énergique. D'un autre côté, comme le trapp était complétement fluide, je suis porté à croire qu'il formait, au moment de son éruption, une sorte de mortier ou de pâte boueuse. Il est probable qu'il renfermait alors une quantité d'eau plus grande que l'eau de carrière qu'il a conservée ; il devait à cette eau sa grande fluidité. C'est seulement quand sa structure cristalline s'est développée qu'il est devenu lithoïde, et qu'il a pris sa dureté ainsi que sa cohésion.

Je remarquerai maintenant que les filons de trapp peuvent très bien être plus ou moins argileux ; il en est même qui ont tous les caractères de véritables argiles ; on a toujours admis dans ce cas qu'ils avaient été décomposés et changés en une espèce de kaolin. Mais il me paraît que le trapp a pu conserver aussi l'état de pâte boueuse : car, les caractères pris par cette pâte devaient nécessairement dépendre beaucoup de sa composition chimique ; par conséquent, lorsqu'elle était riche en alcalis, par exemple, elle devenait feldspathique et très dure ; tandis que, dans le cas contraire, elle pouvait très bien ne pas se solidifier et rester toujours à l'état sous lequel elle avait fait éruption.

III. Roches éruptives non ignées.

§ 23. — Les roches ignées et pseudo-ignées représentent les roches que l'on nomme habituellement *volcaniques*. Quant aux roches non ignées qui nous restent à étudier, elles correspondent au contraire aux roches *plutoniques* de M. Lyell (1). Leurs minéraux n'ont plus l'éclat vitreux qui est spécial aux roches ignées. Leur structure n'est plus celluleuse, et même elle est généralement très compacte. Enfin elles ne sont pas associées aux roches volcaniques, et par conséquent elles doivent avoir une tout autre ori-

(1) *Manuel de géologie élémentaire*, 1856, t. I, p. 8.

gine. C'est vraisemblablement l'eau et la pression qui les ont rendues plastiques; car la chaleur ne joue plus qu'un rôle secondaire dans leur formation.

Pour fixer les idées, je considérerai d'abord deux types pris dans chacune des deux séries feldspathiques, le granite et la diorite. Je m'occuperai ensuite de la serpentine.

§ 24. — *Granite.* — Le granite est le type d'une classe de roches très importantes, puisqu'elles constituent la plus grande partie de l'écorce de notre planète. Sa composition minéralogique est à peu près la même que celle du trachyte, car il contient du quartz, des feldspaths, des micas. Cependant il en diffère beaucoup par l'ensemble de ses caractères; ainsi il ne présente pas la structure celluleuse, et c'est même l'une des roches les plus compactes. Si quelques granites offrent des cavités, c'est très accidentellement. Du reste, leurs cavités diffèrent complétement des cellules; elles sont très irrégulières et comme cariées; leurs parois ne sont pas lisses, mais au contraire tapissées par les minéraux mêmes du granite. On y trouve aussi des minéraux contenant du fluor et du bore, tels que le mica, la topaze, le spath fluor, la tourmaline.

Les roches granitiques de la famille du porphyre renferment une pâte comme le trachyte; mais le plus ordinairement il n'en est pas de même pour le granite. Les circonstances dans lesquelles il s'est formé étaient donc extrêmement favorables au développement des cristaux. Or, il est bon de remarquer que des silicates fondus dans des usines ou dans les volcans ne deviennent pas entièrement cristallins; lors même qu'ils sont soumis à un refroidissement très lent, certaines parties y restent toujours à l'état de pâte.

Le granite peut se diviser en prismes, toutefois cela n'a lieu que rarement; en outre, ses prismes ont toujours une forme peu nette et irrégulière. Nous savons d'ailleurs que la même structure s'observe dans le gypse et dans les roches dont l'origine aqueuse est bien certaine. Elle indique simplement des retraits symétriques; mais ces retraits ne sont pas nécessairement dus au refroidissement; ils proviennent aussi de la dessiccation et des actions moléculaires.

Je passe maintenant en revue les minéraux du granite, car l'étude de leurs caractères est bien propre à nous éclairer sur son origine.

Et d'abord le quartz mérite une attention toute spéciale. Nous savons, en effet, qu'il est généralement rare dans les roches d'origine ignée, et que le plus souvent il y manque complétement. Or,

dans le granite, il devient au contraire très abondant; il forme jusqu'à la moitié de certaines roches granitiques anormales. Cependant la teneur du granite en silice n'est pas plus élevée que celle du trachyte ; la présence d'une plus grande quantité de quartz tient donc à ce que ce minéral a pu se séparer du magma granitique et cristalliser facilement.

En effet, le quartz du granite est toujours non-seulement cristallisé, mais encore à l'état hyalin. Il est disséminé dans toute la roche, et non pas seulement dans des filons ou dans des cavités. Il n'est pas fendillé dans tous les sens comme le quartz qu'on trouve dans certaines laves, notamment dans celle du Puy-de-la-Nugère. Son éclat vitreux ne doit aucunement être attribué à une fusion, car on sait que cet éclat peut se retrouver dans des minéraux qui ont été formés par l'eau. D'un autre côté, lorsqu'on fond le quartz, on obtient un verre dont les propriétés sont entièrement différentes de celles du minéral qui l'a produit. Ce verre est transparent, mais peu dur et cassant. Il est vraisemblable qu'il s'attaque facilement par les alcalis, comme je l'ai constaté pour les verres provenant de la fusion des silicates. Sa densité éprouve surtout une diminution très considérable, qui, d'après M. Ch. Deville, s'élève à 17 pour 100 pour le quartz fondu au chalumeau et refroidi brusquement. Jusqu'à présent, d'ailleurs, on n'a trouvé ce verre de quartz dans aucune roche. On rencontre bien dans les laves des fragments d'un quartz fendillé et plus ou moins fritté qui a visiblement subi l'action d'une forte chaleur ; mais dès que la température était assez élevée pour amener le quartz à fusion, on comprend qu'il a dû nécessairement se combiner avec les bases de la roche enveloppante et produire un silicate. En outre, les verres les plus silicatés ne donnent jamais du quartz, lors même qu'ils sont soumis à un refroidissement très lent ; en sorte qu'il n'a pas encore été possible d'obtenir ce minéral par la chaleur. Tout porte donc à croire que le quartz du granite ne s'est pas formé par voie sèche.

On peut d'ailleurs constater facilement que ce quartz est imprégné par des matières organiques et bitumineuses. Ce sont ces matières qui lui donnent si souvent une couleur grise ou noirâtre et qui, sous le choc du marteau, répandent une odeur quelquefois très sensible ; elles sont complétement détruites par la calcination, et alors le quartz devient parfaitement blanc.

J'ajouterai maintenant que sir David Brewster a signalé dans les cavités du quartz l'existence de deux matières organiques liquides pouvant se solidifier et passant à l'état de résines (brewstoline,

cryptoline) (1). Il a retrouvé ces mêmes matières dans la topaze et dans la cymophane, qui sont des minéraux ayant également pour gisement habituel les roches granitiques.

On pourrait être tenté d'attribuer les matières organiques contenues dans le quartz du granite à une infiltration postérieure; mais alors ces matières devraient s'observer seulement vers la surface du granite, et non pas sur des étendues et sur des épaisseurs considérables. En outre, pourquoi ne les retrouverait-on pas dans des roches aussi perméables que les grès, et en général dans toutes les roches quartzeuses formées de quartz hyalin?

Du reste, si les matières organiques du granite sont plus spécialement associées au quartz, cela tient à ce qu'étant très fluides, elles devaient nécessairement se réunir à la substance qui s'est solidifiée la dernière. Or, dans le granite, cette substance est bien évidemment le quartz.

Je pense donc que les matières organiques contenues dans le quartz du granite y sont originaires, et par suite il est bien difficile de concilier leur existence avec l'hypothèse qui suppose ce quartz formé par voie sèche. Nous voyons, au contraire, le quartz se produire sans cesse sous nos yeux, soit dans les dépôts des geysers, soit dans les terrains stratifiés siliceux. Nous l'observons aussi dans les couches de gypse, où ses cristaux sont bien nets et terminés à leurs deux extrémités. Dans tous ces gisements, on ne saurait douter de son origine aqueuse; et M. de Sénarmont l'a d'ailleurs reproduit artificiellement par voie humide.

Cependant la formation du quartz du granite par l'eau ne présenterait guère moins de difficultés que sa formation par la chaleur, s'il fallait faire intervenir une quantité d'eau suffisante pour le tenir en dissolution.

Mais cette hypothèse n'est aucunement nécessaire. Les considérations précédentes font voir, en effet, que le granite n'a pas été amené à l'état plastique par la chaleur seule; il est probable que c'est surtout par d'autres agents, notamment par l'eau et par la pression. Or, si l'on suppose ces conditions réalisées, comme la silice cristallise très facilement en présence de l'eau, on comprend qu'elle aura pu se séparer du magma granitique et donner du quartz.

L'étude du feldspath va d'ailleurs nous éclairer encore sur l'origine du granite. Remarquons tout d'abord que les feldspaths du granite n'ont pas l'éclat vitreux. Ils sont opaques, tout au plus

(1) Dana, *System of Mineralogy*, 4e édit., t. II, p. 471.

translucides. Leur couleur est très variée ; le plus souvent elle est blanche, cependant dans l'orthose elle passe souvent au rouge, au fauve et même au brun ; dans l'anorthose elle tire généralement sur le verdâtre.

Si l'on compare leur composition avec celle des feldspaths vitreux, on trouve qu'elle est la même. L'orthose vitreux paraît, il est vrai, renfermer une plus grande proportion de soude; mais cela peut tenir à ce qu'il y en a généralement plus dans le trachyte que dans le granite. En outre, les feldspaths du granite contiennent presque toujours une certaine quantité d'eau qui ne doit pas être considérée comme hygrométrique ; cette quantité, qui est ordinairement très faible dans l'orthose, peut atteindre et même dépasser 2 pour 100 dans l'anorthose. Cependant le granite dans lequel se trouvent ces feldspaths ne porte aucune trace de décomposition. Dans des publications antérieures, j'ai déjà insisté sur la présence de l'eau dans les feldspaths du granite ; ce fait me paraît avoir une grande importance, car il est de nature à jeter du jour sur l'origine de cette roche.

Il est une variété d'orthose qui offre des caractères assez différents de ceux que nous venons de décrire et qui cependant se trouve dans des roches granitiques ; c'est l'adulaire. En effet, ce feldspath possède l'éclat vitreux ; il est anhydre, blanc et transparent. Mais il faut observer qu'il tapisse seulement des fissures qui traversent certaines roches granitiques, en sorte qu'il paraît avoir été formé par sublimation, comme le feldspath artificiel de Sangerhausen.

Un grand nombre de faits prouvent d'un autre côté que les feldspaths peuvent se former par voie humide. Je signalerai d'abord leur association avec les minéraux des gîtes métallifères, association qui a été observée par M. Haussmann dans la mine d'argent de Kongsberg (1). Dans quelques gisements, les feldspaths ont pseudomorphosé des zéolithes telles que la laumonite, la prehnite et l'analcime (2). M. Naumann a constaté aussi que des cristaux de feldspath se sont formés dans les druses du grès d'Oberwiesa en Saxe. M. Daubrée a d'ailleurs obtenu du feldspath par voie humide. Enfin nous savons que les feldspaths se sont développés dans des roches stratifiées métamorphiques ; or, ces roches n'ont pas été fondues, puisqu'on n'y trouve aucun des pro-

(1) Haussmann, *Beiträge zur metallurgischen Krystall-Kunde.* Goettingen, 1850, p. 43.

(2) R. Blum, *Die Pseumorphosen des Mineralreichs*, 1843.

duits qui accusent l'action d'une forte chaleur et que leurs fossiles végétaux ou animaux sont encore faciles à reconnaître et même à déterminer.

Il est donc certain que les feldspaths peuvent se former par voie sèche ou par voie humide; mais tous leurs caractères indiquent qu'ils se sont formés par cette dernière voie dans le granite.

Les micas sont, après le quartz et les feldspaths, les minéraux les plus importants du granite. On en distingue deux : le mica ferro-magnésien et le mica alumineux.

Le mica ferro-magnésien est généralement brun tombac, noir et quelquefois vert foncé. Il cristallise en petites paillettes hexagonales; il s'attaque par les acides. Il entre dans la composition de tout granite, et il reste seul dans le granite à un mica, le granitite de M. G. Rose, qui est une roche éminemment éruptive. Ce mica se retrouve, il est vrai, dans le trachyte, la dolérite, les laves et les scories volcaniques, dans la formation desquelles la chaleur a certainement joué le principal rôle. Toutefois, dans ces roches ignées, le mica ferro-magnésien offre des caractères un peu différents de ceux qu'on lui connaît dans le granite. Ainsi, il est en lames cristallines plus épaisses et non pas seulement en paillettes; il a une couleur très foncée ou même tout à fait noire; il n'est que faiblement altéré par la calcination, il a surtout un éclat très vif.

J'ajouterai maintenant qu'il présente dans le granite et surtout dans les roches métamorphiques des caractères particuliers. De plus, il s'est souvent formé dans des roches qui n'ont certainement pas été fondues; car il n'est pas rare de l'observer dans des roches métamorphiques conservant des traces de stratification et dans lesquelles il y a même encore des fossiles. Par conséquent, si une forte chaleur n'empêche pas le mica ferro-magnésien de se développer, il ne paraît pas qu'elle soit nécessaire à sa formation.

Je passe maintenant au mica alumineux qui se trouve dans le granite à deux micas. Sa couleur est généralement blanche et son éclat nacré. Ses lamelles peuvent être très minces. Les acides ne le décomposent pas. Il n'a pas été observé dans les roches ignées. Rien ne s'oppose donc à ce que l'on admette que la chaleur n'est pas nécessaire à son développement. Il peut d'ailleurs se former par voie humide. En effet, MM. Blum et Bischof ont signalé divers minéraux tels que l'andalousite, la paranthine, la tourmaline dans lesquels le mica alumineux se serait développé par pseudomorphose. M. G. Rose a constaté également que le feldspath orthose du Riesengebirge se change en mica alumineux de couleur vert jau-

nâtre ; ce mica se montre d'abord le long des fissures qui traversent les cristaux d'orthose, et toutes les phases de cette pseudomorphose se suivent facilement. Enfin je rappellerai que les roches métamorphiques démontrent surtout d'une manière très nette que le mica peut se former par voie humide ; car le mica alumineux constitue quelquefois une grande partie de ces roches, notamment les micaschistes et les schistes micacés ; mais elles ont conservé des traces de leur stratification et même accidentellement leurs fossiles qui s'observent, par exemple, dans les schistes à bélemnites des Alpes ; par conséquent elles n'ont jamais été fondues. D'ailleurs lorsqu'on calcine le mica il perd sa couleur, son éclat et change complétement de caractères ; aussi M. Bischof admet-il que le mica a toujours une origine aqueuse (1). On voit donc que le quartz, le feldspath, le mica, c'est-à-dire les trois minéraux qui constituent le granite, peuvent se former sans l'intervention d'une chaleur élevée ; l'étude de quelques autres minéraux du granite va d'ailleurs nous conduire à la même conclusion.

En effet, l'hornblende qui est fréquente dans les roches granitiques, présente bien une couleur verte plus ou moins foncée ; toutefois elle n'a pas la couleur noire, le clivage facile et l'éclat vitreux si vif qui la caractérisent dans le basalte, dans le trachyte et en général dans les roches volcaniques.

Le disthène se rencontre quelquefois dans le granite ; mais il s'est développé surtout dans des roches métamorphiques, comme les micaschistes dont la formation ne saurait être attribuée à la chaleur seule.

La chaux carbonatée est accidentellement enveloppée par le granite dans lequel elle peut même former des amas ou d'énormes lentilles ; cependant elle ne s'est pas toujours combinée avec les silicates qui se trouvaient à son contact immédiat ; et même, quand cela s'observe, ce n'est généralement que sur une petite épaisseur. D'ailleurs elle renferme souvent des minéraux fortement hydratés, tels que la pyrosclérite et la serpentine. En outre, bien qu'elle ait pris une structure cristalline, et bien qu'elle se soit changée en marbre, ses caractères sont notablement différents de ceux présentés par la chaux carbonatée empâtée dans les laves qui est grenue, rugueuse et saccharoïde.

Le granite est encore traversé par des filons très nombreux de quartz. De plus, il est souvent complétement imprégné par la ba-

(1) Bischof, *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*, t. II, p. 1320 et 1388.

ryte sulfatée, la chaux fluatée, les carbonates spathiques, les divers minerais métalliques, et en général par les minéraux des gîtes métallifères. Or, ces minéraux se sont formés par voie humide, et leur association avec le granite est tellement intime qu'ils lui sont nécessairement contemporains.

Enfin, l'orthite, la pyrorthite, la gadolinite, sont des minéraux phosphorescents ou pyrognomiques qu'on trouve quelquéfois dans le granite, et qui ont reçu l'empreinte de ses cristaux. Il est visible qu'ils ne sauraient être attribués à une action postérieure, et qu'ils se sont, au contraire, développés au moment même où le granite a cristallisé. Mais comme l'a fait observer M. Schéerer, ces minéraux jettent un éclat très vif, lorsqu'on la chauffe à la chaleur rouge, et ils prennent alors des propriétés toutes nouvelles. Il est donc certain que la chaleur rouge n'était pas nécessaire à la formation du granite.

Ainsi, lorsqu'on passe en revue les minéraux qui constituent le granite et ceux qui s'y trouvent accidentellement, on trouve qu'aucun d'eux ne présente des caractères qui supposent l'intervention d'une forte chaleur.

Voyons actuellement si le gisement du granite nous conduit aux mêmes conclusions. On sait que le granite se présente en filons ou bien en grands massifs. Lorsqu'il est en filons, ses dimensions varient depuis des dykes énormes jusqu'à des veines microscopiques. Si ces veines sont encaissées dans des roches feldspathiques, elles peuvent résulter, non pas d'une injection, mais d'une sécrétion qui aurait eu lieu sur les parois des fissures. Toutefois, le plus généralement, de même que les roches formant des filons d'injection, le granite doit au moins avoir été plastique; il est même bien évident qu'il pouvait devenir tout à fait liquide. D'ailleurs, on est naturellement conduit à admettre que c'était seulement sous l'influence d'une forte pression ; car, si le granite a quelquefois été renversé par-dessus d'autres roches, il n'a pas coulé comme le trachyte ou comme le basalte à la surface du sol, et jamais il ne s'est répandu en nappes.

Lorsqu'on considère le granite en massifs, il présente souvent la forme de dôme, comme les Ballons des Vosges nous en offrent un bel exemple. Il s'élance aussi en pics dentelés, extrêmement aigus, dont le type nous est donné par les Pyrénées et par les Alpes.

Or, la forme arrondie indique déjà qu'au moment de son éruption, le granite n'était pas entièrement plastique; autrement les masses énormes qui constituent les dômes granitiques auraient dû s'affaisser sur elles-mêmes.

La forme dentelée du granite dans les Alpes et dans les Pyrénées, démontre même que cette roche a pu faire éruption à un état très voisin de l'état solide.

Remarquons maintenant que le granite, quel que soit son gisement, présente généralement une cristallisation plus développée vers son centre que près de ses bords. Quelquefois même il passe insensiblement à la roche encaissante comme on l'observe dans les Vosges et dans plusieurs régions granitiques. Lors même qu'il s'élève en pic dentelé, comme dans les Alpes, il a souvent été modifié près des roches qu'il traverse ou qu'il recouvre, et à leur contact sa cristallisation devient confuse ; dans certains cas, il peut même se changer en pétrosilex. Ces métamorphoses du granite viennent nous révéler des faits très importants ; elles démontrent, en effet, que sa structure cristalline s'est développée au moment de son éruption, même lorsqu'il était presque à l'état solide.

La formation du granite n'exige donc pas une grande chaleur, telle que celle qui serait nécessaire pour produire sa fusion ; c'est d'ailleurs ce qui va nous être le plus complétement démontré, si nous passons en revue les métamorphoses éprouvées par les roches qu'il traverse.

En effet, à son contact, les combustibles se changent en anthracite ou en graphite ; les calcaires deviennent cristallins ; les roches siliceuses et argileuses deviennent lithoïdes et passent à des jaspes. Des minéraux variés se développent dans ces roches, mais ils sont souvent hydratés ; de plus, il n'en est aucun qui présente les caractères de ceux qui ont cristallisé dans les roches ignées. Comme l'a remarqué M. Grüner, les minéraux des gîtes métallifères se rencontrent fréquemment à la limite du granite, et surtout dans les roches avec lesquelles il est en contact. Ainsi le quartz et toutes ses variétés se montrent dans des calcaires, des argiles, des grès qui sont cimentés, durcis et imprégnés par de la silice. La baryte sulfatée, la chaux fluatée et carbonatée, en un mot tous les minéraux des gîtes métallifères s'y observent également. Tantôt ce métamorphisme a été contemporain de l'éruption du granite, tantôt il lui est postérieur. Car l'arkose du plateau central, par exemple, est certainement bien postérieur au granite sur lequel il repose. Il est d'ailleurs bien évident que le métamorphisme produit par les minéraux des gîtes métallifères doit être attribué, non pas au granite lui-même, mais à des sources minérales qui ont pénétré les roches à son contact.

Jamais on n'a signalé, au contact immédiat d'une roche grani-

tique, une métamorphose de houille en coke ou bien une carbonisation de combustibles. Quand des argiles et des roches silicatées y sont empâtées, elles ne deviennent pas anhydres et celluleuses, elles ne sont pas scorifiées, comme cela a lieu si souvent dans les laves. Enfin il n'existe aucun gisement dans lequel on ait observé des traces de fusion ignée qui puisse être attribuée au granite.

L'étude de cette roche nous montre que si elle n'a pas été déposée par l'eau comme le pensait Werner, l'eau a cependant joué un grand rôle dans sa formation. Cette conclusion s'accorde d'ailleurs avec les recherches de quelques géologues modernes. Ainsi MM. Daubeny, Sedgwick, E. de Beaumont, Bischof, n'admettent pas pour le granite une origine ignée. MM. Breithaupt, Schéerer, Schafhaütl, supposent même qu'il a fait éruption à l'état de pâte hydratée ou ramollie par l'eau; c'est cette dernière hypothèse qui me paraît la plus probable.

Quant à l'importance de la pression, elle ne saurait être contestée, et depuis longtemps elle a été signalée par sir Charles Lyell, qui comprend le granite parmi les roches hypogènes, c'est-à-dire formées à de grandes profondeurs (1).

En résumé, il me paraît que le granite ne présente aucun des caractères des roches ignées. Pour que ses minéraux pussent se développer, il suffisait qu'il formât un magma légèrement plastique; l'étude de certains gisements démontre même qu'il a pu cristalliser à un état presque solide. L'eau, secondée par la pression, a vraisemblablement contribué de la manière la plus efficace à rendre le granite plastique. La chaleur y a contribué également, mais elle devait être très modérée et certainement bien inférieure à la température rouge.

Si l'on suppose le granite arrivé à un état suffisant de plasticité, il est visible d'ailleurs que la cristallisation de ses minéraux a été déterminée par les actions chimiques et moléculaires.

§ 25. — *Diorite.* — En regard des roches granitiques, il convient de mettre les roches trappéennes, dans lesquelles le feldspath anorthose est associé au mica et à l'hornblende, c'est-à-dire aux minéraux qu'on trouve dans le granite. Je considérerai spécialement la diorite, qui est l'une des roches les plus répandues et les plus importantes.

Elle a une composition minéralogique simple, car elle est essentiellement formée d'anorthose et d'hornblende. L'anorthose présente, comme dans le trapp, une couleur blanche verdâtre et un

(1) *Manuel de géologie*, Paris, 1856, t. I, p. 12; t. II, p. 379.

éclat gras; il contient également une certaine proportion d'eau qui peut cependant devenir nulle ou très faible. L'hornblende est verte ou vert-noirâtre, sa forme et ses caractères sont les mêmes que dans le granite. Il y a aussi dans la diorite du fer oxydulé, assez souvent du sphène, du mica ferro-magnésien, et accidentellement du grenat. Il importe surtout d'y signaler la présence du quartz, qui s'observe même dans la diorite très pauvre en silice, comme la diorite orbiculaire de Corse. Parmi les minéraux enclavés, nous citerons le quartz, les carbonates, la chlorite, l'épidote, les minéraux des gîtes métallifères. On y trouve même certaines zéolithes, qui sont la prehnite, la laumonite, l'analcime.

La structure cristalline de la diorite est généralement très inégale, mais quelquefois extrêmement développée. Les cristaux de hornblende notamment atteignent des dimensions extraordinaires et peuvent dépasser 2 décimètres. Quoique la diorite soit comme le trapp à base de feldspath anorthose, elle se rapproche beaucoup du granite par sa composition minéralogique. Le quartz, le feldspath, le mica, l'hornblende, le grenat, le sphène sont, en effet, des minéraux qui constituent le granite ou bien qui s'y développent fréquemment.

Les zéolithes sont beaucoup plus rares dans la diorite que dans le trapp et elles sont différentes : comme elles s'observent spécialement dans les roches volcaniques, il est d'ailleurs vraisemblable que la chaleur de la diorite zéolithique devait être plus grande que celle du granite. D'un autre côté cependant, l'absence de structure celluleuse ou scoriacée dans la diorite est un caractère négatif important, car il montre que cette roche n'a pas été liquéfiée par fusion.

Si nous passons au gisement de la diorite, nous la trouvons bien en filons; mais aussi en amas et en massifs. Elle paraît même s'être formée, dans certains cas, par le métamorphisme de roches stratifiées. Ne voit-on pas, en effet, des schistes devenir de plus en plus cristallins à l'approche des grands massifs granitiques, se charger peu à peu d'hornblende et passer enfin à une diorite schistoïde? Toutefois, il ne paraît pas que la diorite ait pu couler à la surface du sol et y former de véritables nappes.

Il importe d'observer que la diorite est souvent associée au granite auquel elle peut même passer d'une manière insensible. C'est par exemple ce que l'on voit très bien dans les Vosges où elle se fond peu à peu dans le granite syénitique des Ballons.

Si la diorite se rapproche du granite par sa composition minéralogique et par son gisement, elle s'en rapproche également par

son métamorphisme. Le plus souvent ce métamorphisme est très faible. Le fer oligiste imprègne quelquefois la diorite ou la roche encaissante, mais il n'accuse pas une température élevée. Au contact de la diorite, on n'a, du reste, signalé ni carbonisation de combustibles, ni vitrification de roches silicatées. Les phénomènes observés sont généralement à peu près les mêmes que pour le granite et par conséquent ils sont très différents de ceux des roches volcaniques.

En résumé, la diorite se rapproche beaucoup du granite par sa composition minéralogique; car, ses minéraux constituants se retrouvent dans le granite et de plus ses minéraux accessoires ou accidentels s'y retrouvent également. Elle a quelquefois une structure cristalline très développée. Son métamorphisme est analogue à celui du granite. Elle peut d'ailleurs passer insensiblement à cette roche à laquelle elle est le plus souvent associée. Je pense donc que la diorite s'est formée dans des conditions intermédiaires entre celles qui ont produit le trapp et le granite; mais par l'ensemble de ses caractères elle se rapproche essentiellement du granite ; par conséquent elle a surtout été engendrée par l'eau et la pression, et le rôle joué par la chaleur était très secondaire.

La kersantite et l'euphotide auraient la même origine ; tandis que l'hypérite et le mélaphyre tendent déjà à se rapprocher du trapp et même du basalte, ménageant ainsi la transition aux roches volcaniques.

§ 26. — *Serpentine.* — Plus que toutes les autres roches éruptives, la serpentine est restée jusqu'à présent une véritable énigme.

Elle est généralement associée aux roches trappéennes, surtout à la diorite et à l'euphotide ; c'est donc maintenant qu'il convient de nous occuper de son origine.

On a pensé que la serpentine ne constitue pas une espèce minérale, et qu'elle n'est autre chose qu'une altération, soit de péridot, soit de diverses roches. Lorsqu'elle se rencontre en cristaux, comme à Snarum, on a admis qu'elle provient d'une pseudomorphose (1). Je ne rentrerai pas dans ce débat; mais il me semble qu'il serait facile de le vider, en suivant la méthode adoptée par M. de Sénarmont, et en examinant à la lumière polarisée des plaques minces de serpentine. J'observerai maintenant que si l'existence de cristaux de serpentine est encore contestable, la serpentine constitue certainement une véritable espèce minérale.

(1) Voir Scheerer, G. Rose, etc.: *Poggendorff's Annalen*, t. LXVIII, p. 328, et t. LXXXII, p. 511.

En effet, sa composition chimique est remarquablement constante ; et, comme je l'ai démontré précédemment, le chrysotil n'est autre chose qu'une serpentine fibreuse ou abestiforme ; par conséquent, la serpentine peut prendre l'état cristallin.

Quant à ses caractères minéralogiques, ils sont bien connus et il n'est pas nécessaire de les rappeler. Je remarquerai seulement que, parmi les roches éruptives, elle se distingue tout d'abord par sa grande quantité d'eau, puisqu'elle en contient jusqu'à 13 pour 100.

Ses principaux minéraux sont le grenat, le diallage, la chlorite. Elle est traversée par des petits filons de serpentine noble et de chrysotil qui paraissent résulter d'une sécrétion. La chaux carbonatée blanche et spathique s'y montre souvent en veines ramifiées. Les zéolithes ont disparu ; cependant les serpentines de la Haute-Italie contiennent accidentellement des zéolithes qui ont pris des caractères tout à fait spéciaux et qui renferment de la magnésie. Il est probable que ces serpentines zéolithiques se sont formées à une température plus élevée. Dans certains gisements, la serpentine est intimement pénétrée par le quartz et par l'opale. Dans l'Apennin Central, elle est même accompagnée par la baryte sulfatée, l'arragonite, le quartz concrétionné, les hydroxydes de fer et de manganèse (1).

La serpentine se divise souvent en fragments polyédriques, mais elle n'offre plus la structure prismatique ni la structure celluleuse.

Lorsqu'on étudie le gisement de cette roche, on reconnaît qu'elle forme des filons ou des amas. Cependant elle passe aussi à diverses roches et même à des roches stratifiées, telles que le schiste argileux. Elle peut surtout se charger de feldspath et se fondre dans la diorite ou dans l'euphotide. En outre les roches, soit trappéennes, soit granitiques, deviennent souvent très tendres et changent complétement de caractères près de leurs bords ; elles passent alors à la serpentine ou bien à des hydrosilicates magnésiens qui en sont très voisins (2).

Le métamorphisme exercé par la serpentine sur les roches qui sont à son contact n'a encore été observé que dans un petit nombre de localités. Il est le plus souvent nul ou très faible. Les roches argileuses peuvent bien être changées en gabbro et en

(1) Bianconi, *Bull. de la Soc. géol. de France.*

(2) *Études sur le métamorphisme des Roches*, par M. Delesse, p. 428. Paris, 1858. Dalmont, quai des Grands-Augustins.

jaspes; mais elles ne sont jamais vitrifiées. D'après d'habiles géologues, MM. Naumann et Hamilton, ces jaspes proviennent uniquement de sources qui ont accompagné la serpentine, et par conséquent ce métamorphisme n'accuse pas l'intervention d'une forte chaleur.

J'ajouterai que si la serpentine était une roche volcanique hydratée comme le basalte, ou bien une roche pseudomorphosée, rien n'empêcherait de constater le métamorphisme produit à son contact par la chaleur; or, malgré l'examen de plusieurs gisements de serpentine, je n'ai pu en découvrir de traces.

Tous les caractères de la serpentine semblent d'ailleurs s'opposer à l'hypothèse d'une origine ignée. Comment la concilier, en effet, avec son infusibilité, avec l'absence de structure cellulense et de métamorphisme par la chaleur? Il est au contraire bien évident que l'eau a joué le rôle le plus important dans sa formation; car elle contient elle-même 10 pour 100 d'eau; ses minéraux sont presque tous hydratés; elle est traversée par des veines de quartz et surtout de chaux carbonatée. Maintenant, à l'eau qu'elle contient lorsqu'elle est desséchée, il faut encore ajouter son eau de carrière. Malgré son infusibilité, elle est extrêmement tendre; en sorte que, toutes choses égales, elle doit se ramollir plus facilement qu'une autre roche. Il est certain aussi que l'écume de mer et en général les hydrosilicates de magnésie sont toujours à un grand état de mollesse dans l'intérieur de la terre.

Les recherches précédentes nous ont du reste complétement familiarisé avec l'idée qu'une roche éruptive peut être hydratée. Si dans les roches pseudo-ignées, comme le rétinite et le basalte, l'eau et la chaleur ont joué le rôle principal; dans la serpentine, les effets dus à la chaleur ont presque complétement disparu, en sorte que la plasticité de la roche ne peut guère être attribuée qu'à l'eau et à la pression.

En résumé, la serpentine est très tendre et fortement hydratée; elle est associée à la diorite et à l'euphotide auxquelles elle passe d'une manière insensible; je pense donc que son origine est la même.

Résumé.

§ 27. — Le problème de l'origine des roches éruptives est l'un des plus complexes de la géologie. Pour essayer de le résoudre, il est nécessaire d'étudier la composition minéralogique de ces roches, leur gisement, leur métamorphisme, en un mot l'ensemble de leurs caractères. Mais il importe d'étu-

dier aussi les différentes causes qui, dans l'intérieur de la terre, peuvent rendre les roches plastiques ou bien y développer des minéraux. Ces causes sont surtout la chaleur, l'eau, la pression, et en général les actions moléculaires. L'une d'elles peut bien jouer un rôle prédominant, mais il est rare qu'il soit exclusif. D'un autre côté, la composition chimique et minéralogique des roches est peu variée; et il est facile de reconnaître qu'un même minéral peut avoir, tantôt une origine aqueuse, tantôt une origine ignée. Doit-on s'étonner, d'après cela, qu'il ne soit pas toujours possible de tracer une limite nette entre les roches, qui, au premier abord, semblent les plus opposées, telles que celles engendrées par la chaleur ou bien par l'eau? Comme la chaleur imprime un cachet particulier et indélébile aux roches éruptives, j'ai cherché à les grouper d'après l'importance du rôle qu'elle a joué dans leur formation; elles ont donc été divisées en trois grandes classes :

Les *roches ignées* ont été amenées à l'état de fusion, ou, du moins, sont devenues plastiques par l'action de la chaleur. Elles sont anhydres. Elles ont une structure celluleuse et une certaine rudesse au toucher. Elles sont fréquemment associées à des scories. Leurs minéraux possèdent un éclat vitreux qui est bien caractéristique. Elles constituent les roches que l'on regarde comme éminemment volcaniques; elles sont d'ailleurs rejetées à l'état de laves par les volcans brûlants. Le trachyte et la dolérite en offrent deux types extrêmes.

Les *roches pseudo-ignées* présentent une origine mixte et ont subi une sorte de fusion aqueuse. L'eau, la chaleur ainsi que la pression, paraissent avoir contribué à les rendre plastiques. On y retrouve la structure celluleuse ou même scoriacée; mais leurs minéraux n'ont qu'un état vitreux assez faible. Ce sont des roches hydratées. Elles renferment généralement des zéolithes; très souvent elles se divisent en prismes ou bien en sphéroïdes. Le retinite et le basalte peuvent être cités comme exemples de ces roches pseudo-ignées.

Les roches ignées et pseudo-ignées sont très fréquemment associées et elles constituent les roches que l'on appelle *volcaniques*.

Les *roches non ignées* devaient sans doute leur plasticité à l'eau et à la pression, car la chaleur n'a plus joué qu'un rôle secondaire dans leur formation. Elles n'ont pas la structure celluleuse, et généralement elles sont même très compactes; les gaz qui tendaient à s'y dégager, ont sans doute été retenus par la pression. Les minéraux qui les constituent ont perdu l'éclat vitreux qui ca-

ractérise les roches volcaniques. Quand elles sont riches en silice et quand leur structure cristalline a pu se développer, elles renferment beaucoup de quartz hyalin qui s'y trouve disséminé, ou qui y forment aussi des veines ou des nodules. Elles ne sont pas associées aux roches volcaniques. Le granite et le diorite en offrent deux types appartenant aux deux séries feldspathiques.

La composition chimique de roches très différentes peut être la même ; car les caractères qui leur sont propres, dépendent non seulement de leur composition, mais encore des agents qui se sont exercés au moment de leur formation. On comprend d'après cela comment des roches ayant même composition, et cependant différentes, se sont produites à une même époque géologique. On comprend aussi pourquoi, réciproquement, une même roche a pu faire éruption à des époques différentes.

L'origine des roches a donné lieu entre les géologues à des discussions interminables, dans lesquelles les systèmes les plus opposés ont paru triompher tour à tour. Ces revirements, quelquefois très brusques, s'expliquent par l'importance exclusive attribuée à l'un ou à l'autre des agents qui ont concouru à la formation des roches. Il est assurément très difficile de faire la part de chaque agent, mais il me semble que les développements dans lesquels je suis entré conduisent à répéter avec M. Agassiz : « En résumé, la » vérité, comme il arrive si souvent, se trouve ici entre les diffé- » rents systèmes. Les agents divers que chacun d'eux fait inter- » venir ont leur part d'influence (1). »

M. Thiollière fait la communication suivante :

Note sur les poissons fossiles du Bugey, et sur l'application de la méthode de Cuvier à leur classement ; par M. Thiollière.

M. Thiollière entretient la Société de la suite de ses recherches sur les poissons fossiles des calcaires coralliens du Bugey, et lui présente douze grandes planches lithographiées en couleur, qui doivent faire partie de la seconde livraison de la description de ces poissons qu'il a commencé de publier. Le retard que subit cette seconde livraison tient à ce que de nouveaux matériaux arrivent de temps en temps à l'auteur, et lui laissent encore espérer de pou-

(1) Agassiz, *Système glaciaire. Nouvelles études et expériences*, 1re partie, p. 572.

voir rendre plus complètes les données relatives aux genres dont il y sera question.

En attendant, les espèces dont les figures sont placées sous les yeux de la Société sont déjà nombreuses. En voici l'indication accompagnée de quelques courtes remarques.

Un individu jeune du *Belemnobatis Sismondæ*, espèce de raie dont un individu adulte a été décrit et figuré dans la première livraison.

Deux *Mesodon*, le *M. gibbosus*, Wagn., et le *M. comosus*, inédit. C'est là, avec un petit *Gyrodus*, tout ce que la famille des Pycnodontes a acquis, dans le gisement de Circie, depuis 1850; mais dans une autre partie du Bugey, à Chenavel près de Jujurieux, M. Thiollière a recueilli dans l'assise du *choin de Fay* un fragment de mâchoire inférieure d'une espèce de Pycnodus qui avait six rangées de molaires à chaque mandibule. Jusqu'à présent, il ne connaissait ces espèces que par des débris provenant d'autres contrées et d'autres étages. L'erreur qu'a commise feu Heckel, en affirmant que les Pycnodontes n'avaient jamais plus de quatre séries de molaires de chaque côté, est d'autant plus singulière qu'il avait sous les yeux et qu'il a fait figurer sous le nom de *Cœlodus Saturnus*, un de ces Pycnodus à six rangs de dents. On ne comprend pas comment le savant ichthyologiste allemand a pu déduire la formule dentaire représentée sur la planche I, fig. 6*b*., des fragments de mâchoire dessinés, planche III, fig. 1 et 2, de son dernier mémoire sur les poissons fossiles de l'Autriche. Du reste, l'examen des résultats du travail de Heckel sur les Pycnodontes fera partie du texte de la seconde livraison de celui de M. Thiollière sur les poissons du Bugey.

Poursuivant l'énumération des figures qu'il a fait lithographier, M. Thiollière signale deux espèces de *Lepidotus*, l'*Itieri* et le *notopterus?*

Deux *Macrosemius*, le *rostratus* avec ses écailles (qui n'avaient pas été figurées), et le *M. Helenæ*, petite espèce nouvelle que l'auteur avait annoncée précédemment.

Un second *Disticholepis*, le *D. Dumortieri*, n. sp.

Deux *Notagogus*, le *N. Iunismontis*, et le *N. Margaritæ*, n. sp.

Un *Histionotus*, probablement l'*angularis* de sir Philip Egerton.

Ces quatre derniers genres, avec les *Propterus*, sont réunis par l'auteur en une famille nouvelle qu'il établit sous le nom de *Macrosémiés*.

Viennent ensuite cinq espèces du genre *Caturus*, deux *Ophiopsis*,

deux *Megalurus*, deux *Pleuropholis*, et enfin deux genres inédits, dont le premier, l'*Attakeopsis*, représenté par l'*A. Desori*, se rapproche des *Megalurus* et des *Oligopleurus*, en ce que son squelette est complétement ossifié, et que ses écailles sont cycloïdes, mais la forme de la tête offre la plus grande ressemblance avec celle des Salmonoïdes. L'autre genre nouveau, le *Callopterus*, qui n'est également représenté jusqu'ici que par une seule espèce, le *C. Agassizi*, rentre dans le groupe des Chondro-rachidés ou Hémichondriens, si nombreux dans les terrains secondaires et paléozoïques, mais il se distingue de tous les autres genres en ce que la colonne vertébrale, fortement relevée à son extrémité, présente une extrême inégalité de développement des arcs inférieurs par rapport aux arcs supérieurs des vertèbres caudales. C'est le type le mieux caractérisé de l'hétérocercie de l'axe vertébral, quoique la caudale soit à peu près équilobe. La peau est nue, sauf au-dessus et au-dessous de la queue, où de petites écailles ganoïdiques garnissent la base de deux rangées de gros piquants qui précèdent la nageoire caudale.

Parmi les poissons fossiles qui viennent d'être énumérés, il en est qui offrent un intérêt particulier au point de vue de la paléontologie appliquée à la stratigraphie, en ce sens qu'ils semblent être les mêmes que plusieurs de ceux qu'on a signalés depuis peu dans les *calcaires de Purbeck*, en Angleterre. Or, ces calcaires, au lieu d'être inférieurs aux bancs du *Coral-rag*, comme le sont les calcaires lithographiques des bords du Rhône, sont placés au-dessus, soit du *Coral-rag*, soit de l'*argile de Kimméridge*, soit des *sables calcaires de Portland*. Il s'ensuit que les espèces qui se trouvent à la fois dans les deux gisements ont dû avoir vécu dans une série de dépôts sédimentaires qu'on répartit, pour l'ordinaire, entre deux étages distincts du système jurassique. M. Thiollière rappelle qu'à propos de la présence de l'*Exogyra virgula* dans les calcaires lithographiques de Morestel, Creys et Cirin, et de la discussion du niveau de cette assise, comparativement avec celui des schistes lithographiques de la Bavière, il avait été amené en 1848 à ne pas considérer la séparation entre l'étage moyen et l'étage supérieur du Jura comme suffisamment établie par les preuves paléontologiques. Les espèces de Cirin, qui se trouvent aussi à Purbeck, ont été décrites et figurées par sir Ph. Egerton dans les décades VI, VII et IX des mémoires du *Geological Survey*; ce sont: l'*Histionotus angularis*, les deux *Pleuropholis* cités et les *Megalurus Damoni* et *Austeni*, Egerton; seulement cette dernière espèce,

suivant M. Thiollière, paraît plutôt appartenir au genre *Attaleopsis*, dont il vient de donner l'indication et de présenter une figure.

Entrant ensuite dans les questions d'ichthyologie méthodique auxquelles il est conduit par la recherche des rapports qui lient les poissons de l'époque du Jura à ceux de la faune actuelle, et par le besoin d'un classement qui exprime ces rapports de la manière la plus sûre et la plus vraie, M. Thiollière expose que la faune fossile de l'ère jurassique ne comprend pas d'autres poissons que des Sélaciens (raies, squales et chimères), d'une part, et de l'autre des Malacoptérygiens abdominaux, tels que Cuvier entendait l'ordre de ce nom. Il faut seulement remarquer qu'une grande partie de ces abdominaux fossiles ont leurs vertèbres incomplétement ossifiées, et établissent, par conséquent, le passage des Lépidostées aux Esturgeons. Par contre, les deux premières subdivisions de cet ordre, les Cyprinoïdes et les Siluroïdes ne paraissent pas avoir eu de représentants avant l'époque tertiaire; c'est surtout par les Clupéoïdes que s'opère, de la manière la plus claire, la liaison des Malacoptérygiens abdominaux des deux faunes.

Quelques genres jurassiques montrent aussi dans l'ostéologie de leur tête une tendance à se rapprocher des Salmones et des Lucioïdes. Mais il faut reconnaître que les genres qui constituent la majorité dans la représentation de l'ordre des Malacoptérygiens abdominaux, à l'époque du Jura, sont ceux qui, revêtus d'écailles ganoïdiques, ont en même temps la colonne vertébrale en partie cartilagineuse; or, ces hémichondriens ganoïdiques semblent avoir totalement disparu de la série des formes organiques qui peuplent à présent nos mers et nos fleuves.

De ce résumé comparatif ressort le fait important que la méthode de Cuvier, qui attribue une valeur plus décisive à la structure et à la position des organes de la locomotion qu'aux caractères fournis, soit par la considération des écailles et des téguments, soit par l'examen anatomique des organes internes, trouve dans l'application à l'ichthyologie fossile une justification d'autant plus frappante, que cette classification est antérieure à la date, où, grâce aux immenses recherches de M. Agassiz, on a pu jeter un coup-d'œil synthétique sur les poissons fossiles des différents terrains anciens, et sur ceux qui vivent aujourd'hui.

Mais, dira-t-on, si l'on peut arriver, en employant le langage de Cuvier, à ce résultat, qu'avant le dépôt des terrains crétacés aucun poisson appartenant aux grandes divisions des Acanthoptérygiens, des Malacoptérygiens subbrachiens et des Apodes, n'avait encore

paru, et qu'il n'existait alors, de toute l'immense série des poissons à branchies libres, que des Malacoptérygiens abdominaux. M. Agassiz, de son côté, n'avait-il pas annoncé avec autant de précision, que l'apparition de ses *Cténoïdes* et de ses *Cycloïdes* ne datait que des terrains de la craie, et qu'auparavant tout poisson qui n'était pas *placoïde* appartenait à ses *Ganoïdes?* En quoi la première des deux expressions est-elle préférable à l'autre?

On pourrait d'abord répondre que l'antériorité est en faveur de la méthode suivie par Cuvier; mais, laissant de côté les fins de non-recevoir, et abordant nettement le fond de la question, M. Thiollière soutient que les Malacoptérygiens abdominaux forment un ordre nettement délimité par les caractères tirés, non pas seulement de la position des ventrales, mais de l'ensemble de leurs nageoires, et que ces caractères s'appliquent de la manière la moins contestable à tous les poissons à branchies libres qu'on connaît dans le terrain jurassique. Sans doute, les Célacanthes sont fort différents des Pycnodontes et ceux-ci des Leptolépides; mais les uns et les autres ont leurs ventrales supportées par des os du bassin librement placés sous l'abdomen, et n'ont des rayons épineux ni aux ventrales, ni à la dorsale. On dira, si l'on veut, que ce caractère est peu philosophique, mais il est sûr et simple.

Peut-on en dire autant des moyens par lesquels M. Agassiz est arrivé à former son ordre de Ganoïdes? Voici le sentiment de J. Müller à ce sujet (Voyez *Mémoire sur les Ganoïdes*, etc., dans les *Ann. des sc. nat.*, 3e série, t. IV, p. 12) : *Si on laissait parmi les Ganoïdes tous les poissons que M. Agassiz y a placés, la définition de cet ordre deviendrait tellement embrouillée qu'il serait impossible de dire ce que c'est qu'un Ganoïde, et il faudrait reconnaître que les caractères de cet ordre sont parfaitement inconnus.* La date (1844) où Müller s'exprimait ainsi ne permet pas de douter que la critique ne s'étende aussi bien aux genres fossiles qu'aux genres vivants, puisque la publication des *Recherches sur les poissons fossiles* était alors terminée; d'ailleurs, le savant anatomiste de Berlin dit plus loin que la position des *Leptolepis* et des *Megalurus* parmi les Ganoïdes lui paraît douteuse, parce que ce sont des genres à squelette osseux et à écailles minces, arrondies et imbriquées. Les mêmes motifs de doute existent pour d'autres genres qui accompagnent les *Leptolepis* et les *Megalurus* dans les calcaires jurassiques, tels que les *Thrissops* qui pullulent dans les gisements du Bugey et de la Bavière, et que M. Heckel place dans la famille des Clupes. Avant d'accepter l'assertion de M. Agassiz, que tous les poissons fossiles du Jura qui n'étaient pas de son

ordre des Placoïdes appartenaient à celui des Ganoïdes, il faudrait donc que ce dernier fût mieux défini.

Maintenant, J. Müller qui rejette les *Cycloïdes*, les *Cténoïdes* et les *Placoïdes* de M. Agassiz, mais qui a voulu maintenir en le réduisant de moitié cet ordre de Ganoïdes, et qui en a fait une sous-classe de son système, a-t-il été plus heureux dans la manière dont il le caractérise? Au point de vue des genres éteints, la question n'est pas susceptible de réponse, puisque l'auteur n'accorde la valeur *ordinaire* qu'à des caractères qui ne sont plus appréciables sur les fossiles : la structure du cœur, du cerveau, des intestins, etc. Veut-on juger du mérite de cette méthode par les résultats de son application à la faune vivante? On voit alors que J. Müller, pour arriver à donner au groupe des Ganoïdes l'homogénéité qui lui manquait dans la méthode de M. Agassiz, ne voulait d'abord y admettre que des poissons à écailles ganoïdiques (le Lépidostée et le Polyptère), ou des operculés à squelette cartilagineux (les Esturgeons, Spatulaires, etc.), c'est-à-dire la portion des Malacoptérygiens abdominaux qui se rapproche le plus des Sélaciens. Mais à peine avait-il publié cette opinion qu'il se vit obligé, pour ne pas renier la valeur des caractères anatomiques qu'il venait de proclamer, de comprendre aussi dans ses Ganoïdes les *Amia*, qui sont des poissons à squelette osseux et à écailles cornées, trop voisins évidemment des Clupes et des Ésoces pour être rangés dans une sous-classe différente.

Feu Heckel avait cherché dans le mode de terminaison de la colonne vertébrale un moyen de justifier la position méthodique des Amia parmi les Ganoïdes. Mais la valeur de ce moyen, suffisante sans doute pour séparer les genres entre eux, ne l'est plus pour distinguer les ordres, puisque la manière dont se termine la colonne dorsale varie beaucoup parmi les Ganoïdes eux-mêmes. Ainsi les Pycnodontes d'une part, les Célacanthes de l'autre, diffèrent autant des Amia sous ce rapport, que celles-ci diffèrent des Clupes ordinaires.

M. Thiollière conclut de cette revue sommaire des efforts qui ont été tentés pour instituer un ordre des Ganoïdes, aux dépens de l'ordre des Malacoptérygiens abdominaux de Cuvier, que ces efforts n'ont point réussi; qu'ils ont plutôt donné une consistance nouvelle à l'ordre qu'on voulait démembrer, en prouvant qu'il doit s'étendre jusqu'aux Esturgeons, que Cuvier n'y comprenait pas; enfin, que si l'on veut conserver un groupe méthodique qui prenne ou qui rappelle le nom de Ganoïdes, ce qui semble convenable, ce groupe ne doit pas avoir une valeur qui

dépasse celle d'une coupure secondaire ou d'un sous-ordre dans l'ordre des Malacoptérygiens abdominaux. Ainsi ramenés à la signification et à l'étendue systématique qu'une saine critique leur assigne, les Ganoïdes viennent se placer et former le lien et le passage entre les Clupes ou les Brochets d'une part, et les Esturgeons de l'autre. Mais, pour que cette liaison apparaisse nettement, il faut intercaler les genres qui ne nous sont connus qu'à l'état fossile parmi ceux qui vivent aujourd'hui. On obtient par là, même sans avoir besoin de recourir aux données que l'ichthyologie des faunes de la craie et des terrains tertiaires viendrait y ajouter, une série assez continue, pour que chaque genre y trouve le rang qui lui appartient.

Voici comment cet ajustement paraît devoir s'opérer :

Quand on considère les affinités qui rapprochent, dans la faune actuelle, les familles des Clupes, des Ésoces et des Salmones, on ne peut méconnaître que, de quelque manière qu'on dispose ces trois types, il restera toujours entre eux un intervalle beaucoup moindre que celui qui les sépare des deux genres vivants de Ganoïdes, les polyptères et les lépidostées. D'un autre côté, la séparation entre ces deux derniers genres et les Esturgeons est assez marquée pour que G. Cuvier, qui, du reste, ne s'était pas encore assez affranchi de la préoccupation en faveur du caractère tiré de l'état cartilagineux du squelette dont ses prédécesseurs étaient imbus, ait cru devoir placer les deux Ganoïdes vivants dans un ordre différent de celui où il rangeait ses sturioniens. Des deux *hiatus* que présente ainsi l'ichthyologie actuelle, celui qui existe entre les Clupes et les Lépidostées se comble au moyen des *Chirocentrites*, des *Leptolepis*, des *Thrissops*, des *Tharsis*, des *Æthalion*, des *Megalurus* et des *Oligopleurus*. Les *Belonostomus* se lient aussi aux Ésoces, comme les *Attakeopsis* semblent se raccorder à la fois aux Clupes et aux Salmones. Les genres jurassiques qui viennent d'être nommés ont, en effet, leur squelette osseux, leurs écailles minces, arrondies et imbriquées comme les téléostés abdominaux ordinaires ; enfin, l'ostéologie de leur tête et la forme de leurs vertèbres confirment les rapports respectifs avec les familles vivantes qui leur sont assignés ici. Ils se rapprochent, d'autre part, des Lépidostées et des Polyptères, en ce que leurs écailles sont parfois enduites d'une couche d'émail, et parce que plusieurs d'entre eux ont, sur les premiers rayons de quelques-unes de leurs nageoires, les petites écailles ou épines qu'on nomme des *fulcres*, comme on en voit sur les nageoires du Lépidostée et sur la caudale de l'Esturgeon.

Quand on lit les descriptions des espèces jurassiques que M. Agassiz a données dans son ouvrage, il faut se tenir en défiance contre la tendance qui s'y montre à attribuer des vertèbres complétement osseuses à des genres fossiles qui diffèrent précisément des Ganoïdes vivants, en ce qu'ils sont plus ou moins chondro-rachidés. Heckel a déjà rectifié une partie des erreurs qui en ont été la suite; M. Thiollière en relève quelques autres : les *Pachycormus*, les *Ophiopsis*, et même les *Lepidotus* sont encore des chondro-rachidés. Le fragment d'une colonne vertébrale complétement osseuse, provenant du calcaire de Purbeck, que M. Agassiz a déterminé comme étant du *Lepidotus minor*, sans en fournir la preuve, doit être d'un *Attakeopsis*, et probablement de l'espèce que sir Ph. Egerton a nommée *Megalurus Austeni*. Il paraît qu'en réalité, à l'époque jurassique, les genres qui étaient pourvus d'une squamation complétement ganoïdique, comme celle du Lépidostée ou du Polyptère, différaient de ces poissons en ce que leurs vertèbres n'étaient pas complétement ossifiées. Ainsi, remarque M. Thiollière, de même que les Ganoïdes ostéorachidés de la faune actuelle ont besoin, pour se relier aux Esturgeons, des Ganoïdes chondro-rachidés des faunes éteintes, de même ces derniers ont besoin des Ganoïdes ostéo-rachidés vivants, pour se rattacher aux Clupes et aux Ésoces fossiles à écailles émaillées et à fulcres sur les nageoires, qui sont à peine distincts des Clupes et des Ésoces fossiles et actuels dont les téguments sont dépourvus de ces particularités.

La lacune entre les Ganoïdes vivants et les Esturgeons est donc méthodiquement comblée par les Ganoïdes typiques des terrains jurassiques, et l'on peut remarquer que, lors même que l'annonce de la découverte d'un genre d'Accipenséride dans le lias de Lyme-regis ne se confirmerait pas, le passage des chondrorachidés fossiles aux Esturgeons, s'il était nécessaire de le rendre plus évident encore, aurait pour degrés intermédiaires les *Undina* et peut-être le *Callopterus*, les premières à cause de l'état complétement cartilagineux de l'axe vertébral, le second en raison de ce que la peau est en grande partie nue, quoique la colonne épinière ne soit pas entièrement ossifiée. Dans les terrains inférieurs au lias, ce sont encore les Ganoïdes chondro-rachidés qui représentaient déjà clairement les malacoptérygiens abdominaux, comme Cuvier l'avait reconnu dès 1824 et 1828 pour les *Palæoniscus*, *Dipterus*, etc.; on n'y trouve pas d'indices suffisants des autres subdivisions de l'ordre qui se montrent dans les formations jurassiques ou qui existent dans la faune actuelle.

Après avoir ainsi exposé comment les divers types de malaco-

mence près de la nuque et s'étend jusqu'à la caudale, sauf parfois une interruption qui la divise en deux lobes. Les genres se distinguent entre eux par les détails de la dorsale et de la squamation. M. Thiollière ne voit pas pourquoi M. Agassiz avait rangé les *Notagogus* et les *Propterus* dans une famille différente de celle où les *Macrosemius* étaient placés dans sa classification.

En dehors des Pycnodontes, des Orthocélacanthes et des Macrosémiés, on pourrait, sans doute, dès à présent, indiquer quelques genres, tels que les *Lepidotus*, les *Pachycormus*, les *Caturus* qui se détachent assez, du reste, des Chondro-rachidés pour qu'il y ait de grandes probabilités en faveur de leur indépendance définitive, comme types de familles ; mais ces genres n'en resteraient pas moins isolés parmi les autres, et ce dont il s'agit ici, c'est de rechercher et de constater les affinités qui peuvent réunir plusieurs genres en un groupe naturel. Cette recherche est nécessairement subordonnée à l'état de nos connaissances sur les genres eux-mêmes, et il faut savoir attendre les données que de nouveaux matériaux et des études plus approfondies ne peuvent manquer de nous fournir.

En résumé, M. Thiollière est d'avis :

1° Que la méthode ichthyologique de Cuvier donne de meilleurs résultats pour la classification des poissons fossiles de l'époque jurassique que celle de M. Agassiz.

2° Que tous les poissons de cette époque qui ne sont pas des Sélaciens appartiennent aux Malacoptérygiens abdominaux ; seulement il convient de comprendre dans ce dernier ordre *les Sturioniens* que Cuvier plaçait au commencement de ses Chondroptérygiens ; les Malacoptérygiens abdominaux fossiles témoignent en effet d'un passage graduel des téléostés aux chondrostés ;

3° Parmi les Malacoptérygiens abdominaux de l'époque jurassique, l'on n'a rencontré jusqu'à présent aucune trace des Siluroïdes ni des Cyprinoïdes, mais les Clupes et les Ésoces s'y retrouvent. Une partie des genres qui représentent ces familles ont une mince couche d'émail sur les écailles et parfois des fulcres aux nageoires, montrant déjà par ces deux particularités une tendance vers les Ganoïdes.

4° Les Ganoïdes doivent n'être considérés que comme une subdivision de l'ordre des Malacoptérygiens abdominaux, et ne comprendre que les genres qui possèdent au moins l'un des deux caractères : écailles osseuses, épaisses et émaillées ; axe vertébral non complétement ossifié. De là, trois groupes distincts :

Les Ganoïdes holostés (Müller) qui, suivant M. Thiollière, n'existaient pas dans les eaux de l'époque jurassique, et sont réduits aux deux genres vivants : Lépidostée et Polyptère;

Les Ganoïdes chondro-rachidés ou hémi-chondriens qui, à l'inverse des holostés, n'existent plus aujourd'hui, mais étaient nombreux et variés lors des dépôts secondaires et plus anciens;

Les Ganoïdes chondrostés (Müller) des fleuves de notre époque; ce sont les Accipensérides de M. Agassiz, qui en aurait retrouvé une espèce dans le lias de Lyme-Regis, mais il n'en a été donné ni description, ni figure, et Heckel n'y croyait pas.

5° Le groupe des Ganoïdes chondro-rachidés, qui comprend déjà environ quarante genres pour la seule époque jurassique, est, sans contredit, le plus important du sous-ordre. La distribution de toutes les formes génériques de chondro-rachidés en un petit nombre de familles fondées, non pas sur un ou deux traits, mais sur tout l'ensemble de l'organisation, est l'œuvre dont l'à propos et l'utilité ont le plus attiré l'attention de M. Thiollière. Malheureusement, après avoir admis deux des familles indiquées par M. Agassiz et en avoir proposé une troisième, M. Thiollière est obligé de reconnaître que les deux tiers à peu près des genres de Ganoïdes chondro-rachidés qui ont été signalés dans le terrain du Jura restent encore isolés les uns des autres. Des recherches ultérieures sont donc encore nécessaires pour resserrer dans des bornes de plus en plus étroites nos incertitudes sur les affinités qui doivent exister entre ces formes éparses, et M. Thiollière espère que les gisements du Bugey continueront à lui fournir pendant longtemps encore les moyens de poursuivre cette attrayante, mais délicate étude.

M. Hébert demande la parole pour exprimer au nom de la Société des remercîments à MM. les membres du bureau. Il insiste particulièrement sur les services rendus par M. Ébray à la science par ses travaux géologiques dans le département de la Nièvre. M. Ébray, malgré des occupations administratives absorbantes, a su en deux ans triompher de difficultés sérieuses, et arriver à retrouver, dans des assises disloquées par des failles nombreuses, l'ordre et la série régulière des divers étages jurassiques.

M. Hébert appelle surtout l'attention sur la découverte récente faite par M. Ébray dans le département de la Nièvre, et

qu'il a eu l'occasion de vérifier, du véritable horizon des sables ferrugineux de la Puisaie qui se trouvent enclavés entre deux niveaux fossilifères appartenant au gault. Malheureusement la Société n'a pu, durant la session à Nevers, étudier le terrain crétacé de la Nièvre.

M. le Président déclare close la session extraordinaire de 1858.

Compte des recettes et des dépenses effectuées pendant l'année 1855 *pour la Société géologique de France*, présenté par M. le marquis DE ROYS, trésorier (1).

RECETTE.

DÉSIGNATION des chapitres de la recette.	Nos des articles.	NATURE DES RECETTES.	RECETTES prévues au budget de 1855.	RECETTES effectuées en 1855.	Augmentation.	Diminution.
Produits ordinaires des réceptions. .	1	Droits d'entrée et de diplôme. . . .	500 »	520 »	20 »	» »
	2	Cotisations de l'année courante. .	9,000 »	7,315 »	» »	1,685 »
	3	Cotisations des années précédentes.	1,000 »	1,160 »	160 »	» »
Produits extraord. des réceptions. .	4	Cotisations anticipées.	300 »	390 »	90 »	» »
	5	Cotisations une fois payées.	700 »	1,830 »	1,130 »	» »
Produits des publications.	6	Vente de Bulletins.	700 »	1,050 »	350 »	» »
	7	Vente de Mémoires	700 »	608 »	» »	92 »
	8	Vente de cartes coloriées.	20 »	8 »	» »	12 »
	9	Vente de l'Histoire des progrès de la géologie.	1,000 »	720 »	» »	280 »
Recettes diverses. .	10	Arrérages de Rentes sur l'État. . . . 4 1/2 °/° . . .	1,461 »	1,461 »	» »	» »
	11	Arrérages de Rentes sur l'État. . . . 3 °/°	323 »	376 50	53 50	» »
	12	Encaissement de Bons du Trésor. .	3,000 »	3,000 »	» »	» »
	13	Arrérages dessdits.	165 »	165 »	» »	» »
	14	Allocation de M. le ministre de l'instruction publique.	1,000 »	1,000 »	» »	» »
	15	Recettes imprévues.	20 »	» »	» »	20 »
	16	Remboursement de frais de mandats.	10 »	» »	» »	10 »
	17	Recettes extraord. relat. au Bulletin.	50 »	1,042 »	992 »	» »
	18	Recette extraordinaire (loyer). . . .	800 »	800 »	» »	» »
		Totaux des recettes. . . .	20,749 »	21,445 50	2,801 50	2,099 »
Solde du compte précédent.. . . .	19	Reliquat en caisse au 31 décembre 1854.	3,504 70	3,504 70		
		Totaux de la recette et du reliquat en caisse.	24,253 70	24,950 20		

COMPARAISON.

La Recette présumée était de.	24,253	70
La Recette effectuée est de.	24,950	20
Il y a augmentation de Recette de	696	50

(1) Voyez le Rapport de la Commission de comptabilité, tome XIII, page 527, en tête duquel on a omis d'imprimer ce *Compte*.

DÉPENSE.

DÉSIGNATION des chapitres de la dépense.	Nos des articles.	NATURE DES DÉPENSES.	dépenses prévues au budget de 1855.	dépenses effectuées en 1855.	Augmentation.	Diminution.
§ 1. Personnel.	1	Agent : son traitement	1,800 »	1,800 »	» »	»
	2	Agent : travaux extraordinaires	300 »	300 »	» »	»
	3	Agent : gratification	200 »	200 »	» »	»
	4	Agent : indemnité de logement	200 »	200 »	» »	»
	5	Garçon de bureau : ses gages	800 »	800 »	» »	»
	6	Garçon de bureau : gratification	100 »	100 »	» »	»
	6b	Garçon supplémentaire	400 »	400 »	» »	»
§ 2. Frais de logement.	7	Loyer, contributions, assurances	1,500 »	1,494 90	» »	5
	8	Chauffage et éclairage	750 »	715 75	» »	34
	9	Dépenses diverses	600 »	557 50	» »	42
§ 3. Frais de bureau.	10	Ports de lettres	150 »	124 75	» »	25
	11	Impressions d'avis, circulaires	200 »	374 40	174 40	»
§ 4. Encaissements.	12	Change et timbre de mandats	100 »	6 50	» »	93
§ 5. Matériel.	13	Mobilier	300 »	410 50	110 50	»
	14	Bibliothèque	1,000 »	410 70	» »	589 30
	15	Collections	50 »	» 20	» »	49 80
§ 6. Publications.	16	Bulletin : impr., papier, planches	7,000 »	6,796 35	» »	203 65
	17	Bulletin : port du Bulletin	1,100 »	1,076 05	» »	23 95
	18	Histoire des progrès de la géologie	1,000 »	290 70	» »	709 30
	19	Mémoires : achat d'exemplaires	2,000 »	» »	» »	2,000 »
	20	Mémoires : dépenses suppléms.	200 »	110 75	» »	89 25
	21	Mémoires : menus frais	50 »	» »	» »	50 »
§ 7. Emploi de capitaux	22	Achats de rentes	885 »	1,918 05	1,033 05	» »
	23	Placement en bons du Trésor	5,000 »	5,000 »	2,000 »	» »
§ 8. Dépenses imprév.	24	Dépenses imprévues	50 »	30 75	» »	19 25
		Totaux	23,735 »	22,918 15	3,318 25	1,134 [illegible]

COMPARAISON.

La Dépense présumée était de	23,735	»
La Dépense effectuée est de	22,918	15
Il y a diminution de	816	85

RÉSULTAT GÉNÉRAL ET SITUATION AU 31 DÉCEMBRE 1855.

La Recette totale étant de	24,950	20
Et la Dépense totale étant de	22,918	15
Il reste en caisse audit jour	2,032	05

MOUVEMENT DES COTISATIONS UNE FOIS PAYÉES ET DES PLACEMENTS DE CAPITAUX.

		NOMBRE DES COTISATIONS.	VALEURS. fr.	c.
Recette	antérieurement à 1855...	110	32,897	70
	pendant l'année 1855.....	6	1,800	»
	Totaux.....	116	34,697	70
Legs Roberton.....			12,600	»
Total des capitaux encaissés.....			47,297	70

PLACEMENTS EN RENTES.

	fr.	c.		
1,461 fr. de rentes 4 1/2 o/o ayant coûté	37,839	70	47,259	30
323 fr. de rentes 3 o/o avant 1855....	7,493	55		
86 fr. de rentes 3 o/o en 1855	1,926	05		
1,870 fr. de rentes. — Excédant de la recette sur la dépense.....			38	40

MOUVEMENT DES ENTRÉES ET DES SORTIES DES MEMBRES AU 31 DÉCEMBRE 1855.

Au 31 décembre 1854, les membres maintenus sur les listes officielles comme devant contribuer aux dépenses de 1855 s'élevaient au nombre de 491, dont:

392 membres payant cotisation annuelle et 99 membres à vie	ci . .	491
Les réceptions, du 1er janvier au 31 décembre 1855, ont été de 26 nouveaux membres..... 5 anciens membres rentrants.....	. . .	31
	Total. . . .	522
A déduire pour cause de décès, démissions et radiations (en 1855)		27
Le nombre des membres inscrits sur les registres, au 1er janvier 1856, s'élève à.....		495

Savoir: { 391 membres payant cotisation annuelle, 104 membres à vie.

Compte des recettes et des dépenses effectuées pendant l'année 1856 *pour la Société géologique de France*, présenté par M. le marquis DE ROYS, trésorier (1).

RECETTE.

DÉSIGNATION des chapitres de la recette.	N° des articles	NATURE DES RECETTES.	RECETTES prévues au budget de 1856.	RECETTES effectuées en 1856.	Augmentations.	Diminutions.
§ 1. Produits ordinaires des réceptions.	1	Droits d'entrée et de diplômes.	500 »	580 »	» »	»
	2	Cotisations { année courante	8,400 »	7,160 »	» »	1,24
	3	Cotisations { arriérées	1,500 »	2,730 »	1,230 »	»
§ 2. Produits extraord. des réceptions.	4	Cotisations { anticipées	300 »	271 50	» »	2
	5	Cotisations une fois payées	700 »	1,550 »	850 »	»
§ 3. Produits des publications.	6	Vente { de Bulletins	700 »	1,097 »	397 »	»
	7	Vente { de l'Histoire des progrès de la géologie	1,000 »	725 »	» »	27
	8	Vente { de Mémoires	1,400 »	616 »	» »	78
	9	Vente { de cartes coloriées	10 »	9 »	» »	1
§ 4. Capitaux placés.	10	Arrérages de capitaux. { 4 1/2 c.	1,461 »	1,461 »	» »	»
	10b	Arrérages de capitaux. { 3 c.	409 »	409 »	» »	»
	11	Arrérages de capitaux. { Obligations.	» »	75 »	75 »	»
§ 5. Recettes diverses.	12	Encaissement de Bons du Trésor	5.000 »	7,000 »	2,000 »	»
	13	Arrérages de Bons du Trésor	250 »	325 »	75 »	»
	14	Allocation du ministre de l'Instruction publique	1,000 »	1,000 »	» »	»
	15	Recettes imprévues	10 »	30 40	20 40	»
	16	Remboursement de frais de mandats.	» »	» »	» »	»
	17	Recettes extraord. relat. au Bulletin.	50 »	200 »	150 »	»
	18	Recette extraordinaire pour loyer.	800 »	800 »	» »	»
		Totaux des recettes	23,490 »	25,868 90	4,707 40	2,33
§ 6. Solde du compte 1855.	19	Reliquat en caisse au 1er janvier 1856	2,032 05	2,032 05		
		Totaux de la recette et du reliquat en caisse	25,522 05	27,900 95		

COMPARAISON.

La Recette présumée était de	25,522	05
La Recette effectuée est de	27,900	95
Il y a augmentation de Recette de	2,378	90

(1) Voyez le Rapport de la Commission de comptabilité, tome XV, page 486, en tête duquel on a omis d'imprimer ce *Compte*.

DÉPENSE.

SIGNATION des res de la dépense.	N° des articles.	NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSES prévues au budget de 1856.	RECETTES effectuées en 1856.	Augmentation.	Diminution.
ersonnel.	1	Agent — traitement	1,800 »	1,800 »	» »	» »
	2	Agent — travaux extraordinaires	300 »	300 »	» »	» »
	3	Agent — gratification	200 »	200 »	» »	» »
	4	Agent — indemnité de logement	200 »	200 »	» »	» »
	5	Garçon de bureau — gages	800 »	800 »	» »	» »
	6	Garçon de bureau — gratification	100 »	100 »	» »	» »
rais de logement.	7	Loyer, contributions, assurances	1,550 »	1,585 95	35 95	» »
	8	Chauffage et éclairage	550 »	656 75	106 75	» »
rais de bureau.	9	Dépenses diverses	600 »	395 85	» »	205 15
	10	Ports de lettres	150 »	152 50	2 50	» »
	11	Impressions d'avis, circulaires, etc.	200 »	270 35	70 35	» »
	12	Change et retour de mandats	100 »	8 40	» »	91 60
agasin.	13	Mobilier	200 »	28 05	» »	171 95
	14	Bibliothèque	800 »	504 65	» »	295 35
	15	Collections	50 »	38 15	» »	11 85
ublications.	16	Bulletin — impression et papier	9,200 »	6,189 85	» »	3,010 15
	17	Bulletin — port	1,100 »	712 70	» »	387 30
	18	Histoire des progrès de la géologie	4,000 »	4,167 30	167 30	» »
	19	Mémoires — Achat d'exemplaires	2,000 »	1,500 »	» »	500 »
	20	Mémoires — dépenses supplém.	100 »	238 »	138 »	» »
	21	Mémoires — menus frais	50 »	1 40	» »	48 60
lacements.	22	Placement de capitaux	700 »	2,953 70	1,253 70	» »
	23	Placements momentanés sur le Trésor	» »	3,000 »	3,000 »	» »
	24	Avances remboursables	50 »	120 »	70 »	» »
		Totaux	24,800 »	25,022 60	4,944 55	4,721 95

COMPARAISON.

La Dépense présumée était de	24,800	»
La Dépense effectuée est de	25,022	60
Il y a augmentation de	222	60

RÉSULTAT GÉNÉRAL ET SITUATION AU 31 DÉCEMBRE 1856.

La Recette totale étant de	27,900	95
Et la Dépense totale étant de	25,022	60
Il reste en caisse audit jour	2,878	35

MOUVEMENT DES COTISATIONS UNE FOIS PAYÉES ET DES PLACEMENTS DE CAPITAUX.

		NOMBRE DES COTISATIONS.	VALEURS fr. c.
Recette	antérieurement à 1856	446	34,697 70
	pendant l'année 1856 (et reliquat).	5	1,600 »
	Totaux.	421	36,297 70
Legs Roberton			12,600 »
Total des capitaux encaissés.			48,897 70
PLACEMENTS DE RENTES :			
1464 rentes à 1/2 0/0 ayant coûté		37,832 fr. 70 c.	
409 rentes 3 0/0 ayant coûté		9,449 60	49,313 »
405 Intérêts de 7 obligat. de chemin de fer.		2,052 70	
Excédant de la dépense sur la recette.			415 30

MOUVEMENT DES ENTRÉES ET DES SORTIES DES MEMBRES AU 31 DÉCEMBRE 1856.

Au 31 décembre 1855, les membres maintenus sur les listes officielles comme devant contribuer aux dépenses de 1856, s'élevaient au nombre de 495, dont :

391 membres payant cotisation annuelle } ci . . 495
et 104 membres à vie. . . . . }

Les réceptions du 1er janvier au 31 décembre 1856 ont été de 30 nouveaux membres. . . . . } . . . 33
3 anciens membres rentrants. . . . . }

Total. 528

A déduire pour cause de décès, démissions et radiations (en 1856). 31

Le nombre des membres inscrits sur les registres, au 1er janvier 1857, s'élève à 497

Savoir : { 392 membres payant cotisation annuelle,
{ 105 membres à vie.

Compte des recettes et des dépenses effectuées pendant l'année 1857 *pour la Société géologique de France*, présenté par M. le marquis DE ROYS, trésorier (1).

RECETTE.

DÉSIGNATION des chapitres.	Nos des articles.	NATURE DES RECETTES.	RECETTES prévues au budget de 1857.	RECETTES effectuées en 1857.	Augmentation.	Diminution.
. Produits ordinaires des réceptions.	1	Droits d'entrée et diplôme. . . .	500 »	460 »	» »	40 »
	2	Cotisations { année courante. . .	8,400 »	5,780 40	» »	2,619 60
	3	Cotisations { arriérées.	2,500 »	2,600 »	100 »	» »
	4	Cotisations { anticipées.	300 »	205 »	» »	95 »
. Produits extr.	5	Cotisations une fois payées. . . .	1,000 »	2,103 25	1,103 25	» »
5. Produit des publications. .	6	Vente des { Bulletin.	1,000 »	873 35	» »	126 65
	7	Vente des { Histoire des progrès de la géologie. . .	1,000 »	1,660 70	660 70	» »
	8	Vente des { Mémoires.	700 »	705 50	5 50	» »
	9	Vente des { cartes coloriées. . .	30 »	1 50	» »	28 50
. Capitaux placés.	10	Arrérages de capitaux. . { 4 1/2 o/o.	1,461 »	1,461 »	» »	» »
	11	Arrérages de capitaux. . { 3 1/2 o/o.	409 »	409 »	» »	» »
	12	Arrérages de capitaux. . { Obligations. . . .	100 »	187 50	87 50	» »
6. Recettes diverses.	13	Encaissement de Bons du Trésor.	1,000 »	1,000 »	» »	» »
	14	Intérêts d'un Bon du Trésor. . .	50 »	25 »	» »	25 »
	15	Allocation du ministre de l'instruction publique.	1,000 »	1,000 »	» »	» »
	16	Recette extr. relative au Bulletin.	150 »	» »	» »	150 »
	17	Remboursement de frais de mandats.	» »	1 50	1 50	» »
	18	Recette extraord. pour loyer. . .	800 »	600 »	» »	200 »
. Solde du compte 1856.		Total de la recette. . . .	20,400 »	19,073 70	1,952 45	3,284 75
	19	Reliquat au 1er janvier 1857. . .	2,878 35	2,878 35		
		Totaux définitifs.	23,278 35	21,952 05		

COMPARAISON.

La Recette présumée était de.	23,278	35
La Recette effectuée est de	21,952	05
Il y diminution de la Recette de.	1,326	30

(1) Voyez le Rapport de la Commission de comptabilité, tome XV, page 486, en tête duquel on a omis d'imprimer ce *Compte*.

DÉPENSE.

DÉSIGNATION des chapitres.	Nos des articles.	NATURE DES DÉPENSES.	DÉPENSES prévues au budget de 1857.	DÉPENSES effectuées en 1857.	Augmentation.	Économies.
§ 1. Personnel..	1	Agent — traitement.	1,800 »	1,800 »	» »	»
	2	Agent — travaux extraordinaires	300 »	300 »	» »	»
	3	Agent — indemnité de logement.	200 »	200 »	» »	»
	4	Agent — gratification.	200 »	200 »	» »	»
	5	Garçon de bureau — ses gages.	800 »	800 »	» »	»
	6	Garçon de bureau — gratifications. . . .	100 »	100 »	» »	»
§ 2. Frais de logement.	7	Loyer, contributions et assurances.	1,550 »	1,559 60	9 60	»
	8	Chauffage et éclairage.	650 »	615 »	» »	35
§ 3. Frais de bureau.	9	Dépenses diverses.	500 »	403 25	» »	96
	10	Ports de lettres.	150 »	160 50	10 50	»
	11	Impress. d'avis, circulaires, etc.	250 »	130 75	» »	119
	12	Change et retour de mandats. . .	50 »	12 50	» »	37
§ 4. Magasin. . . .	13	Mobilier.	100 »	204 10	104 10	»
	14	Bibliothèque.	750 »	299 35	» »	450
	15	Collection.	50 »	» »	» »	50
§ 5. Publications.	16	Bulletin, impression et papier.	7,500 »	6,980 05	» »	519
	17	Bulletin, port.	1,000 »	912 75	» »	87
	18	Histoire des progrès de la géolog.	3,200 »	61 05	» »	3,138
	19	Mémoires, achat d'exemplaires.	2,000 »	2,000 »	» »	»
	20	Mémoires, dépenses supplémentaires. . . .	100 »	» »	» »	100
	21	Mémoires, menus frais.	» »	» »	» »	»
§ 6. Emploi des capitaux.	22	Placement de capitaux.	600 »	1,941 80	1,341 80	»
	23	Acquisition d'un Bon du Trésor.	1,000 »	1,000 »	» »	»
	24	Avances remboursables.	50 »	154 10	104 10	»
			22,900 »	19,804 80	1,570 10	4,665

COMPARAISON.

La Dépense présumée était de . . . . . 22,900 »
La Dépense effectuée est de 19,804 80

Il y a diminution de. 3,095 20

RÉSULTAT GÉNÉRAL ET SITUATION AU 31 DÉCEMBRE 1857.

La Recette totale étant de 21,952 05
Et la Dépense totale étant de 19,804 80

Il reste en caisse audit jour 2,147 25

MOUVEMENT DES COTISATIONS UNE FOIS PAYÉES ET DES PLACEMENTS DE CAPITAUX.

		NOMBRE DES COTISATIONS.	VALEURS. fr. c.
Recette	antérieurement à 1857.	121	36,297 70
	pendant l'année	7	2,103 25
	Totaux.	128	38,400 95
Legs Roberton			12,600 »
Total des capitaux encaissés.			51,000 95
PLACEMENT EN RENTES.			
1461	rentes 4 1/2 0/0 ayant coûté.	37,839 70 fr. c.	51,254 80
409	rentes 3 0/0 ayant coûté.	9,419 60	
210	Intér. de 14 obligat. de chemins de fer.	3,995 50	
Excédant de la dépense sur la recette.			253 85

MOUVEMENT DES ENTRÉES ET DES SORTIES DES MEMBRES AU 31 DÉCEMBRE 1857.

Au 31 décembre 1856, les membres maintenus sur les listes officielles comme devant contribuer aux dépenses de 1857 s'élevaient au nombre de 497, dont :

392 membres payant cotisation annuelle et 105 membres à vie . . . . . } ci. . 497

Les réceptions du 1er janvier au 31 décembre 1857 ont été de 31 nouveaux membres, ci 31

Total. 528

A déduire, pour cause de décès, démissions et radiations (en 1857). 38

Le nombre des membres inscrits sur les registres au 1er janvier 1858, s'élève à 490

Savoir : { 382 membres payant cotisation annuelle, 108 membres à vie.

TABLE GÉNÉRALE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

Ch. Lory. — Esquissé d'une carte géologique du Dauphiné (Pl. I). . 10
P. de Rouville. — Lettre à M. d'Archiac sur le terrain triasique des environs de Sainte-Affrique (Aveyron). 69
H. de Saussure. — Description d'un volcan éteint, du Mexique, resté inconnu jusqu'à ce jour 76
Th. Ébray. — Note sur les Nautiles à cloisons sinueuses 87
Daubrée. — Observations sur le métamorphisme et recherches expérimentales sur quelques-uns des agents qui ont pu le produire. 93
Virlet d'Aoust. — Nouvelles observations sur le métamorphisme normal 119
Virlet d'Aoust. — Observations sur un terrain d'origine météorique au Mexique. — Notes sur le reboisement des montagnes . . 129
Th. Ébray. — Description de la faille du château Mal-Vêtu (Nièvre). 139
Th. Ébray. — Sur le *Dysaster ellipticus* de la Nièvre. 143
Sc. Gras. — Comparaison chronologique des terrains quaternaires de l'Alsace avec ceux de la vallée du Rhône dans le Dauphiné (Pl. II). 148
Virlet d'Aoust. — De la formation des oolithes et des masses nodulaires en général 187
Triger. — Sur le terrain crétacé d'Aix-la-Chapelle. 205
E. Bayle. — Sur les Rudistes découverts dans la craie de Maestricht (Pl. III) 210
Daubrée. — Note sur des traces de pattes de quadrupèdes dans le grès bigarré près Luxeuil 218
Grunner. — Sur les filons du Plateau central de la France. 221
Abich. — Sur la carte géologique de l'Europe, par Dumont, en tant qu'elle regarde le Caucase. 225
Marcel de Serres. — Note sur la caverne de Pontil, près Saint-Pons (Hérault) 231
Marcel de Serres. — Note sur de nouvelles brèches osseuses découvertes dans les environs de Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard). 239
J. Fournet. — Observations au sujet des allures et de la configuration de certains filons. 249
Daubrée. — Recherches expérimentales sur le striage des roches, la formation des sables et les décompositions chimiques produites par les agents mécaniques. 250

Th. Ébray. — Note sur l'existence des plaques complémentaires dans le genre *Collyrites* 268
La Société. — Nomination du Bureau pour 1858 273
J.-B. Noulet. — Du terrain éocène supérieur considéré comme l'un des étages constitutifs des Pyrénées. 277
J. Fournet. — Considérations générales au sujet des mélaphyres. . 284
Delesse. — Observations sur la communication précédente. . . . 293
J. Koechlin-Schlumberger. — Note sur les fossiles tertiaires et diluviens du Haut-Rhin. 295
J. Delbos. — Note sur les ossements des cavernes de Sentheim et de Lauw (Haut-Rhin) 304
Th. Ébray. — Note sur l'existence d'une plaque complémentaire centro-anale chez le *Collyrites analis* 302
Th. Ébray. — Note sur l'existence de l'*Ammonites macrocephalus* dans la grande oolithe. 303
Vicomte d'Archiac. — Observations sur la note de M. Vézian sur la Catalogne (*Bulletin*, 2e série, t. XIV, p. 374, 1857). . . . 308
Ch. Sainte-Claire Deville et Félix Leblanc. — Sur la composition chimique des gaz rejetés par les évents volcaniques de l'Italie méridionale 310
Ém. Benoît. — Esquisse de la carte géologique et agronomique de la Bresse et des Dombes (Pl. IV) 315
Ch. Sainte-Claire Deville. — Note sur la nature des éruptions actuelles du volcan de Stromboli 345
A. Spada Lavini. — Note relative à un passage du mémoire de M. C. Puggaard sur la presqu'île de Sorrento (Age des tufs d'Ischia) (*Bulletin*, 2e série, t. XIV, p. 294, 1857) 362
Sir R. I. Murchison. — Sur une nouvelle classification des terrains anciens de l'Écosse 367
De Verneuil et Scacchi. — Lettres sur la dernière éruption du Vésuve. . . . . 369 et 376
Van den Hecke. — Sur les fossiles des marnes du Vatican 372
Th. Ébray. — Note sur quelques fossiles de l'étage albien des environs de Sancerre. 379
La Société. — Circulaire relative aux modifications introduites dans le règlement administratif pour les tirages à part 385
R. Gravina. — Note sur les terrains tertiaires et quaternaires des environs de Catane (Sicile). 394
Engelhardt. — Tableau comparé des divers étages du lias. . . . 423
Ami Boué. — Sur les Nullipores de Leitha-kalk du terrain néogène. . 425
Sc. Gras. — Examen de quelques assertions de M. d'Archiac relatives à l'association des coquilles du lias aux végétaux houillers dans les Alpes 426
A. Vézian. — Essai d'une classification des terrains compris entre la craie et le système miocène exclusivement 433
A. Meugy. — Sur la carte géologique du département du Nord . . 458
Martha-Beker. — Théorie des tremblements de terre et des volcans. 463
Th. Ébray. — Note sur un nouveau genre d'Échinoderme (*Centroclypus*). 482
La Commission. — Rapport sur la gestion du Trésorier pendant les années 1856 et 1857. 486

La Société. — Présentation du Budget des recettes et dépenses pour 1858. 491
Marcel de Serres. — De la découverte du *Notœus laticaudus* dans les terrains d'eau douce anenthalassiques d'Armissan (Aude). . 492
L. Sæmann. — Note sur la distribution des mollusques fossiles dans le terrain crétacé du département de la Sarthe. 500
Th. Ébray — Note sur la classification des *Echinoconidæ* (d'Orb.), etc. 525
L. Ville. — Sur un gîte de combustible minéral situé entre Ténez et Orléansville 527
B.-J. Shumard. — Existence du terrain permien au Nouveau-Mexique. 531
J. Marcou. — Lettre relative à la publication des notes de son exploration des montagnes Rocheuses et de la Californie. . . . 533
Triger. — Réponse à la note de M. Sæmann sur le terrain crétacé de la Sarthe 538
De Saint-Marceaux. — Liste de 125 espèces de coquilles fossiles des sables inférieurs du département de l'Aisne 551
Ponzi. — Note sur les diverses zones de la formation pliocène des environs de Rome 555
Lartet. — Sur les débris fossiles de divers Éléphants découverts aux environs de Rome 564
H. Coquand. — Réponse aux observations de M. d'Archiac sur la classification de la craie du sud-ouest de la France. . . . 570
H. Coquand. — Description géologique de l'étage purbeckien dans les deux Charentes 577
P. Gratiolet. — Note sur un fragment de crâne (*Odobænotherium Lartetianum*) trouvé à Montrouge, près Paris (Pl. V). . . 620
O. Terquem. — Sur l'âge des grès liasiques du Luxembourg (Réponse à M. Dewalque) 625
Hée. Benoît. — Pourquoi les dépôts morainiques sont, dans les Vosges, usés et arrondis 638
V. Raulin. — Notes sur la géologie de l'isthme de Panama recueillies par feu F. de Boucheporn 942
Alb. Oppel. — Classification de la formation jurassique d'après les caractères paléontologiques 657
Réunion extraordinaire à Nevers. 665
Cte Jaubert. — Sur des usines à fer de la Nièvre, du Cher et de l'Allier, et les matières qu'elles emploient. 667
Beau. — Note géologique sur les minerais de fer de l'Aubois (Cher). 673
Delaville. — Sondage dans le terrain triasique près Decize (Nièvre). 721
Delesse. — Recherches sur l'origine des roches 728
Thiollière. — Notes sur les poissons du Bugey. 782

FIN DE LA TABLE GÉNÉRALE DES ARTICLES.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE.

TABLE

DES MATIÈRES ET DES AUTEURS

POUR LE QUINZIÈME VOLUME.

(DEUXIÈME SÉRIE.)

Année 1857 à 1858.

A

ABICH. Sur la carte géologique de l'Europe, par Dumont, en tant qu'elle regarde le Caucase, p. 225.

Ain. Sur les poissons fossiles du Bugey et sur l'application de la méthode de Cuvier à leur classement, p. 782.

Aisne. Liste des fossiles des sables inférieurs de la vallée de la Vesle, p. 551.

Algérie. Sur un gîte de combustible situé entre Ténès et Orléansville, p. 527.

Allier. Sur les usines à fer de la Nièvre, du Cher et de l'Allier, et les matières qu'elles emploient, p. 667.

Alpes occidentales. Comparaison chronologique des terrains quaternaires du Dauphiné avec ceux de l'Alsace, p. 148. — Esquisse d'une carte géologique du Dauphiné, p. 10. — Sur l'association des coquilles du lias aux végétaux houillers, p. 426. — Essai d'une classification des terrains compris entre la craie et le système miocène dans la Catalogne, les Pyrénées, les Alpes et la Toscane, et parallélisme avec le bassin de Paris, p. 433.

Alsace. Comparaison chronologique de ses terrains quaternaires avec ceux du Dauphiné, p. 148.

Aquitaine. Réponse sur la classification du terrain crétacé de la Saintonge et du Périgord, p. 570. — Description de l'étage purbeckien dans les deux Charentes, p. 577.

ARCHIAC (D'). Synonymie du terrain nummulitique de la Catalogne, p. 308. — Sur le terrain permien du Nouveau-Mexique, p. 532.

Autrichiens (États). Sur la nature des prétendus nullipores du terrain tertiaire, p. 423. — Nouvelles scientifiques, p. 378, 537.

Aveyron. Terrain triasique, p. 69.

Avis divers. Sur les tirages à part, p. 378, 385.

B

BAYLE. Sur les rudistes découverts dans la craie de Maestricht, p. 210. — Observations, p. 547, 577, 620.

BEAU. Note sur les minerais de fer de l'Aubois (Cher), p. 673.

Belgique. Rudistes découverts dans la craie de Maestricht, p. 210.

BENOÎT (Em.). Esquisse de la carte géologique et agronomique de la Bresse et de la Dombes, p. 315.

Benoit (Heg.). Pourquoi les débris morainiques sont dans les Vosges usés et arrondis, p. 638.
Bibliographie, p. 5, 90, 146, 237, 271, 276, 306, 314, 344, 370, 377, 382, 457, 484, 530, 548, 563.
Bourée. Observation, p. 561, 620.
Boucheporn (F. de). Notes sur la géologie de l'isthme de Panama, coordonnées par V. Baulin.
Boué. Nouvelles scientifiques de l'Autriche, p. 378 et 537. — Sur la nature des prétendus nullipores, p. 422.
Brèches osseuses nouvelles des environs de Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard), p. 233.
Bresse et Dombes. Esquisse de leur carte géologique et agronomique, p. 315.
Budget pour 1858, p. 491.

C

Casiano de Prado. Terrain silurien dans le N. de l'Espagne, p. 91.
Cavernes. Ossements de celles de Sentheim et de Lauw (Haut-Rhin), p. 300. — Note sur celle de Pontil, près Saint-Pons (Hérault), avec ossements humains et d'espèces perdues, p. 231.
Céphalopodes. Sur les Nautiles à cloisons sinueuses, p. 87. — Sur l'existence de l'*Ammonites macrocephalus* dans la grande oolithe, p. 303.
Charente. Acide phosphorique et carbonate de cuivre dans la craie d'Angoulême, p. 314.
Cher. Sur les minerais de fer de l'Arbois, p. 673. — Sur des usines à fer de la Nièvre, du Cher et de l'Allier, et les matières qu'elles emploient, p. 667.
Comptes du trésorier, p. 10, 272, 385, 391, 564. — Rapport sur sa gestion en 1856 et 1857, p. 486.
Coquand. Réponse à M. d'Archiac sur le terrain crétacé du S.-O. de la France, p. 570. — Craie blanche dans le Jura, p. 577. — Description de l'étage purbeckien dans les deux Charentes, p. 577.
Cotunnite du Vésuve, p. 376.

D

Damour. Observation, p. 118.
Daubrée. Observations sur le métamorphisme et recherches expérimentales sur quelques-uns des agents qui ont pu le produire, p. 93. — Découverte de traces de pattes de quadrupèdes dans le grès bigarré de Luxeuil (Haute-Saône), p. 218. — Recherches expérimentales sur le striage des roches dû au phénomène erratique; sur la formation des galets, des sables et du limon, et sur les décompositions chimiques produites par les agents mécaniques, p. 250. — Observation, p. 118.
Delanoue. Acide phosphorique et carbonate de cuivre dans la craie d'Angoulême, p. 314. — Observation, p. 118.
Delaville. Sur un sondage dans le terrain triasique près de Decize, p. 721. — Sur les gisements de minerai de fer de Champ-Robert et d'Arleuf (Nièvre), p. 726.
Delbos. Note sur les ossements des cavernes de Sentheim et de Lauw (Haut-Rhin), p. 300.
Delesse. Observations sur le travail de M. Fournet relatif aux Mélaphyres, p. 293. — Recherches sur l'origine des roches, p. 728. — Observation, p. 456.
Desnayes. Observations, p. 366, 561.
Deville (Ch. Sainte-Claire). Conclusions sur la composition chimique des gaz rejetés par les évents volcaniques de l'Italie méridionale, p. 310. — Sur la nature des éruptions actuelles du volcan de Stromboli, p. 345. — Sur une éruption du Vésuve, p. 369. — Sur la cotunnite du Vésuve, p. 376.

E

Ebray. Sur les Nautiles à cloisons sinueuses, p. 87. — Sur la faille de Mal-Vêtu (Nièvre), p. 139. — Sur le *Dysaster elliptiens* de la Nièvre,

p. 142. — Sur l'existence du genre *Cottaldia* dans l'étage bathonien de la Nièvre, p. 229. — Sur l'existence de plaques complémentaires dans le genre *Collyrites*, p. 268, 302. — Sur l'existence de l'*Ammonites macrocephalus* dans la grande oolithe, p. 303. — Sur quelques fossiles de l'étage albien de la Nièvre, p. 379. — Sur un nouveau genre d'échinoderme, *Centroclypus*, p. 482. — Sur la classification des *Echinoconidæ*, p. 525. Comparaison des excursions de la Société dans la Nièvre, p. 679, 687, 689, 694.

Échinides. Sur le *Dysaster elliptieus* de la Nièvre, p. 142. — Sur l'existence du genre *Cottaldia* dans l'étage bathonien de la Nièvre, p. 229. — Sur l'existence de plaques complémentaires dans le genre *Collyrites*, p. 268, 302. — Sur un nouveau genre d'échinoderme, *Centroclypus*, p. 492. — Sur la classification des *Echinoconidæ*, p. 525.

Écosse. Coupe du terrain ancien du Nord, p. 367.

Élections, p. 273; — de la session extraordinaire, p. 666.

Engelhardt. Tableau comparé des divers étages du lias en diverses régions et suivant différents auteurs, p. 422.

Espagne. Terrain silurien dans le N., p. 91. — Synonymie du terrain à Nummulites de la Catalogne, p. 308. —Essai d'une classification de celui-ci dans la Catalogne, les Pyrénées, les Alpes et la Toscane, et parallélisme avec le bassin de Paris, p. 433.

Etats romains. Sur les diverses zones de la formation pliocène des environs de Rome, p. 555. — Sur les fossiles des marnes du Vatican, p. 392. — Sur les débris fossiles des divers Éléphants des environs de Rome et de la Toscane, p. 564.

Etats-Unis. Réclamation au sujet de la géologie des montagnes Rocheuses, p. 533.

Eure. Note sur la carte géologique, p. 575.

F

Fer. Minerais tertiaires de l'Aubois (Cher), p. 673; — de la Bresse, p. 543. — Minerais de transition de Champ-Robert et d'Arleuf (Nièvre), p. 725.

Filons du Plateau central de la France, p. 221. — Observations au sujet des allures et de la configuration de certains filons, p. 239.

Fossiles. Liste de ceux des sables inférieurs de la vallée de la Vesle (Aisne), p. 551. — Liste de ceux du terrain pliocène des environs de Rome, p. 558; — de Catane, p. 418.

Fournet. Observations au sujet des allures et de la configuration de certains filons, p. 239.—Considérations générales au sujet des Mélaphyres, p. 284;—du métamorphisme, p. 289.

G

Gard. Sur les nouvelles brèches osseuses des environs de Saint-Hippolyte-du-Fort, p. 233.

Gaudry. Observations, p. 561, 576.

Gras. Comparaison chronologique des terrains quaternaires de l'Alsace avec ceux de la vallée du Rhône dans le Dauphiné, p. 148. — Sur l'association des coquilles du lias aux végétaux houillers, dans les Alpes, p. 426.

Gratiolet. Sur un fragment de crâne d'*Odobenotherium Lartetianum* de Montrouge, près Paris, p. 620.

Gravina. Sur les terrains tertiaires et quaternaires des environs de Catane, p. 391.

Grenade (*Nouvelle-*). Notes sur la géologie de l'isthme de Panama, p. 642.

Gruner. Sur les filons du Plateau central de la France, p. 221.

H

Hébert. Observations diverses sur le terrain jurassique à la réunion de Nevers, p. 685, 692, 696, 700, 708, 712, 714, 716. — Note sur la *Gry-*

phæa cymbium, p. 698. — Observations diverses, p. 295. 344, 366, 456, 462. 524, 547, 577, 593.
Hérault. Sur le terrain triasique, p. 69. — Note sur la caverne de Pontil près Saint-Pons, avec ossements humains et d'espèces perdues, p. 231. — Mercure à Montpellier, p. 456.

J

Jaubert (comte). Sur des usines à fer de la Nièvre, du Cher et de l'Allier, et les matières qu'elles emploient, p. 667.
Jura. Lias, p. 718. — Grande oolithe, p. 715. — Calcaire oxfordien à spongiaires, p. 711, 713. — Existence de la craie blanche, p. 577.

K

Kœchlin-Schlumberger. Note sur les fossiles tertiaires et diluviens du Haut-Rhin, p. 295.

L

Languedoc et Provence. Sur les terrains tertiaires d'eau douce et le *Notæus laticaudus* à Armissan, p. 492.
Lartet. Sur les débris fossiles de divers Éléphants des environs de Rome, p. 564. — Observations, p. 566.
Laurent. Extraction de gros échantillons des sondages, p. 249. — Éruption du Vésuve, p. 550, 569.
Levallois. Extraction de gros échantillons des sondages, p. 249.
Lignite d'Orléansville (Algérie), p. 527.
Lory. Esquisse d'une carte géologique du Dauphiné, p. 10.
Luxembourg. Observations sur l'âge de ses grès liasiques, p. 625.

M

Mammifères. Traces de pattes de quadrupèdes dans le grès bigarré près Luxeuil (Haute-Saône), p. 218. — Ossements des cavernes du Haut-Rhin, p. 311. — Sur les débris fossiles de divers Éléphants des environs de Rome, p. 564. — Sur un fragment de crâne d'*Odobenotherium Lartetianum* de Montrouge, près Paris, p. 620.
Marcel de Serres. Note sur la caverne de Pontil, près Saint-Pons (Hérault), avec ossements humains et d'espèces perdues, p. 231. — Sur de nouvelles brèches osseuses des environs de Saint-Hippolyte-du-Fort (Gard), p. 233. — Découverte du *Notæus laticaudus* à Armissan, près de Narbonne, et terrains tertiaires d'eau douce du midi de la France, p. 492.
Marcou. Réclamation au sujet de la géologie des montagnes Rocheuses, p. 535.
Martha Becker. Théorie des tremblements de terre et des volcans, p. 465.
Martins. Réclamation, p. 237, 456.
Mélaphyres. Considérations générales à leur sujet, p. 284, 293.
Membres nouveaux, p. 5, 89, 146, 236, 271, 274, 314, 344, 377, 457, 484, 529. 562, 678.
Mercure natif à Montpellier, p. 456.
Métamorphisme. Observations et recherches sur quelques-uns des agents qui ont pu le produire, p. 93. — Considérations générales au sujet du métamorphisme, p. 289. — Nouvelles observations sur le métamorphisme normal, surtout au Mexique, p. 119.
Meugy. Sur la carte géologique du Nord, abstraction faite du limon quaternaire, p. 458.
Mexique. Nouvelles observations sur le métamorphisme normal des roches, p. 119. — Description d'un nouveau volcan éteint, p. 76. — Sur un terrain de transport aérien, p. 129. —

Sur la formation des oolithes, p. 200.
Mexique (*Nouveau-*). Sur son terrain permien, p. 531.
MICHELIN. Observations, p. 426, 713.
MICHELOT. Observations, p. 456.
MURCHISON. Coupe du terrain ancien du N. de l'Écosse, p. 367.

N

Naples (*Royaume de*). Sur l'âge des tufs de l'île d'Ischia, p. 362.—Composition chimique des gaz rejetés par les évents volcaniques de l'Italie méridionale, p. 310. — Éruption du Vésuve, p. 369, 550, 569. — Sur la cotunnite du Vésuve, p. 576. — Sur la nature des éruptions actuelles du volcan de Stromboli, p. 345.
Nièvre. Sur un sondage dans le trias près de Decize, p. 721. — Sur les gisements de minerai de fer de Champ-Robert et d'Arleuf, p. 726. — Sur la faille de Mal-Vêtu, p. 139. — Sur le *Dysaster ellipticus* de la Nièvre, p. 142.—Sur l'existence du genre *Cottaldia* dans l'étage bathonien de la Nièvre, p. 229. — Sur l'existence de l'*Ammonites macrocephalus* dans la grande oolithe, p. 303. — Sur quelques fossiles de l'étage albien de la Nièvre, p. 379. — Réunion extraordinaire de la Société à Nevers, p. 665.—Porphyres, p. 702. — Lias, p. 697, 702, 719. — Oolithe inférieure, p. 682, 696, 705, 717.— Grande oolithe, p. 683, 685, 690, 692, 704, 708, 713. — Oxford-clay, p. 681, 688, 692, 707, 710. — Coral-rag, p. 680.— Kimmeridge-clay, p. 680. — Sur des usines à fer de la Nièvre, du Cher et de l'Allier, et les matières qu'elles emploient, p. 667.
Nord. Sur sa carte géologique, abstraction faite du limon quaternaire, p. 458.
Noulet. Du terrain éocène supérieur considéré comme l'un des étages constitutifs des Pyrénées, p. 277.
Nullipores. Sur la nature de ceux de l'Autriche, p. 378.

O

OMALIUS D'HALLOY (D'). Observation, p. 313.
Oolithes. De leur formation et de celle des masses nodulaires en général, p. 187.
OPPEL. Tableau de classification du terrain jurassique, d'après les caractères paléontologiques, p. 657.

P

PARÈS. Mercure à Montpellier, p. 456.
PASSY. Note sur la carte géologique de l'Eure, p. 375.
Planches du Bulletin, I, p. 10; II, p. 148; III, p. 210; IV, p. 315; V, p. 620. — *Figures sur bois*. Coupes, p. 142, 143, 279, 304, 318, 393, 396, 399, 400, 402, 459, 557, 588, 589, 593, 594, 605. — Fossiles, p. 270, 302, 303, 483.
Plateau central de la France. Sur les filons de la partie orientale, p. 221, 239. — Considérations générales au sujet des Mélaphyres de la partie orientale, p. 232.
Poissons fossiles du Bugey et application de la méthode de Cuvier à leur classement, p. 782. — Découverte du *Notæus laticaudus* à Armissan, près Narbonne, p. 492.
PONZI. Sur les diverses zones de la formation pliocène des environs de Rome, p. 555.
Porphyres dans la Nièvre, p. 707.
Provence et Languedoc. Sur les terrains tertiaires d'eau douce et le *Notæus laticaudus* à Armissan, p. 492.
Prusse Rhénane. Sur le terrain crétacé d'Aix-la-Chapelle, p. 205.
Pyrénées. Du terrain éocène supérieur considéré comme l'un des étages constitutifs des Pyrénées, surtout dans l'Ariége, p. 277. — Essai d'une classification des terrains compris entre la craie et le système miocène dans la Catalogne, les Pyrénées, les Alpes et la Toscane, et parallélisme avec le bassin de Paris, p. 433.

Liste des planches.

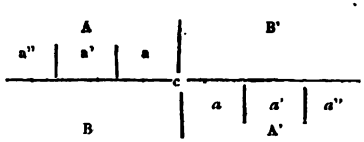
I, p. 10. LORY, Coupes du Dauphiné.
II, p. 148. Sc. GRAS, Coupes comparatives des terrains quaternaires de l'Alsace avec ceux de la vallée du Rhône, dans le Dauphiné.
III, p. 210. BAYLE, Rudistes de la craie de Maestricht.
IV, p. 315. Em. BENOIT, Coupes géologiques de la Bresse, de la Dombes et du Jura.
V, p. 620. GRATIOLET, *Odobenotherium Lartetianum*, de Paris.

ERRATA.

Pages.	Lignes.	
77,	3,	*au lieu de :* Nevado de Tolima. *lisez :* Nevado de Tofuca.
78,	4,	*en partant du bas de la page, lisez :* son étendue par l'inspection des failles qui sont, etc.
79,	1,	*lisez :* Zinapecuaro.
81,	4,	*en partant du bas de la page, lisez :* encore tendre et forme une espèce de pâte, etc.
83,	5,	*au lieu de :* qui, *lisez :* laquelle.
84,	5,	*à partir du bas de la page, au lieu de :* maintienne, *lisez :* maintient.
87,	2,	*au lieu de :* puissantes, *lisez :* abondantes.
278,	3,	*au lieu de :* Fronjadais, *lisez :* Fronsadais.
373,	21,	*au lieu de :* Noli, *lisez :* Poli.
435,	11,	*en remontant, au lieu de :* Tonjoncouse, *lisez :* Fonjoncouse.
438,	3,	*en remontant, au lieu de :* Vaudon, *lisez :* Faudon.
493,	3,	*en remontant, au lieu de :* Clapes, *lisez :* Clupes.
569,	5,	*en remontant, au lieu de :* les plaines de Sarlière, *lisez :* la plaine de Sarlièves.
577,	11,	*au lieu de : Hemiaster Leskiei, lisez : Hemiaster Leskei.*
615,	12,	*au lieu de : Cyclus, lisez : Cyclas.*
625,	7,	*en remontant, au lieu de :* Allert, *lisez :* Attert.

Additions aux errata du tome XIV (Mémoire de M. Puggaard, p. 294).

Page 294, note (1). Ajoutez la figure suivante :



Pages.	Lignes.				
294,	25,	*au lieu de :*	Vistri,	*lisez:*	Vietri.
294,	39,	—	Fenere,	—	Tenore.
297,	39,	—	simples,	—	singles.
297,	42,	—	Furon,	—	Furore.
299,	7,	—	mines,	—	veines.
299,	11,	—	fendu,	—	fondu.
300,	7,	—	plus,	—	très.

Pages.	Lignes.				
300,	19,	*au lieu de :*	Ataro,	*lisez :*	Cetaro.
300,	27,	—	Cassa,	—	Fassa.
301,	20,	—	Ataro,	—	Cetaro.
303,	30,	—	Molieri,	—	Molini.
304,	3,	—	graviers,	—	grains.
304,	18,	—	San-Jora,	—	San-Idora.
305,	5,	—	jalous,	—	plans.
305,	6,	—	pâlis,	—	polis.
306,	13,	—	plaine,	—	falaise.
306,	19,	—	la Rosa,	—	la Rova.
306,	22,	—	Sta Mariata,	—	Santa Maria.
306,	22,	—	la Trinita,	—	la Ferriera.
307,	5,	—	marchant,	—	montant.
307,	8,	—	15° 50',	—	15° S.-O.
309,	26,	—	un,	—	ou.
310,	31,	—	schisteux,	—	solide.
311,	22,	—	marchant,	—	montant.
312,	17,	—	Egva,	—	Eqva.
312,	20,	—	crétacé	—	tufacé.
312,	42,	—	sommet,	—	versant.
313,	8,	—	de,	—	et
313,	10,	—	Pezzano,	—	Pozzano.
315,	3,	—	moins,	—	noires.
316,	8,	—	tubacées,	—	tufacées.
320,	10 et 16,	—	Vetara,	—	Votara.
321,	12,	—	rides,	—	vides.
321,	22,	—	Ranco,	—	Ronco.
322,	28,	—	horizontal,	—	oriental.
323,	11,	—	bord,	—	fond.
323,	31,	—	simples,	—	singles.
324,	20,	—	élevée,	—	escarpée.
325,	24,	—	N. 10° E.,	—	N. 70° E.
326,	11,	—	Picciano,	—	Ticciano.
326,	6,	—	la Cara,	—	la Cava.
328,	23,	—	fendus,	—	fondus.
329,	22,	—	pente,	—	fente.
330,	41,	—	ensuite de	—	consiste en.
336,	8,	—	N. 10° E.,	—	N. 70° E.
337,	4,	—	Maduardi,	—	Mainardi.
339,	43,	—	moins,	—	ravin.
340,	19,	—	Storita,	—	Starita.
340,	29,	—	Lo Serajo,	—	Lo Scrajo.

342, 14 à 22, la colonne des inclinaisons doit être déplacée d'une ligne, de manière qu'on lira : 10° N. — O. — Monticchio, 15° N. — O. — Monte Falesio, etc.

(1) NOTE page 317. Après l'expédition (en 1855) de ce mémoire à la Société géologique, j'ai examiné de nouveau les échantillons remportés par moi de San Andrea et d'Agerola, et je vais ici compléter la liste des fossiles de ces localités, complétement due à l'obligeance de M. O. Mörch, Dans le travertin de San Andrea (page 319) : *Helix setosa*, Ziegler, *H. setipila*, Rosm., *H. Olivieri*, Fér., var. H, *H. obvoluta*, Müll., *H. cinctella*, Drap., *H. glabra*, Studer?, *Causilia cinerea*, Phil., *Limnæus pereger*, Drap., *Cyclostoma elegans*, Müll. — Dans le calcaire mêlé de ponces qui supporte la brèche dolomisée de la Punta di Ronco (page 322) ; *Cyclostoma costulatum*, Ziegl., *C. striolatum*, Porro, *Helix carsoliana*, Fér.

Une collection d'échantillons des roches décrites dans ce mémoire a été déposée par l'auteur au Musée minéralogique de l'Université de Copenhague.

PERIODICAL

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE
STAMPED BELOW

RENEWED BOOKS ARE SUBJECT TO
IMMEDIATE RECALL

Library, University of California, Davis
Series 458A

PERIODICAL

№ 435529

Société géologique
de France, Paris.
Bulletin.

QE1
S63
ser.2
v.15

PHYSICAL
SCIENCES
LIBRARY

	Call Number:
435529	QE1
Société géologique	S63
de France, Paris.	ser.2
Bulletin.	v.15